



**UFRJ**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DO**  
**ORTOGNAISSE ESTRELA E A SUA RELAÇÃO COM AS DEMAIS LITOLOGIAS**  
**NA REGIÃO DE ESTRELA DO NORTE – ES**

Trabalho Final de Curso  
(IGL-U08)

**VINICIUS DA SILVA ALVARENGA COELHO**

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cezar Mendes

Rio de Janeiro  
2020

**VINICIUS DA SILVA ALVARENGA COELHO**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DO  
ORTOGNAISSE ESTRELA E A SUA RELAÇÃO COM AS DEMAIS LITOLOGIAS  
NA REGIÃO DE ESTRELA DO NORTE – ES**

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito necessário  
para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Rio de janeiro

2020

Coelho, Vinicius

Mapeamento geológico e descrição petrográfica do Ortognaisse Estrela e a sua relação com as demais litologias na região de Estrela do Norte- ES/ Vinicius da Silva Alvarenga Coelho Rio de Janeiro: UFRJ/ IGEO, 2020.

93p;30 cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2020.

Orientador: Julio Cezar Mendes

1.Ortognaisse Estrela 2.Mapeamento Geológico 3. Petrografia  
4.Faixa Araçuaí

**Vinicius da Silva Alvarenga Coelho**

**Mapeamento geológico e descrição petrográfica do Ortognaisse  
Estrela e a sua relação com as demais litologias na região de Estrela do  
Norte- ES**

Trabalho de Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ,  
apresentado como requisito necessário para  
obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

Por:

---

Prof.Dr. Rodrigo Vinagre Cintra da Costa

---

Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Katia Leite Mansur

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família que desde o momento que escolhi fazer geologia sempre me deram apoio para continuar nessa jornada e jamais desistir. Em especial, agradeço a minha vó Dejali da Silva Alvarenga que infelizmente veio a falecer em 2017, porém quando viva sempre foi meu porto seguro e minha maior apoiadora em tudo que fiz na vida e que irei fazer. Agradeço a minha mãe, Rosane Coelho, que assim como minha vó me apoiou e me apoia sempre no que eu faço e junto com minha vó são as minhas maiores incentivadoras. Ao meu pai agradeço também pela força que me deu esses anos de faculdade. A minha irmã e ao meu cunhado também pelo apoio nas horas boas e ruins.

Agradeço ao meu orientador Julio Cesar Mendes pela oportunidade, paciência, conselhos durante a confecção deste trabalho e também a confiança que eu poderia desenvolver este trabalho com êxito. Agradeço também ao professor Julio por ensinar não somente matéria da faculdade, mas também como ser mais humilde e sempre procurar ver sempre o lado positivo das coisas, me ensinado como me tornar uma pessoa melhor.

Aos colegas de projeto e amigos Matheus de Queiroz Toscano Carvalho, Sara Mendes Guilherme e Victor Huggo Mesquita Pereira por me ajudarem na confecção dos mapas e durante o mapeamento, além também da confiança em mim depositada para fazer um bom trabalho. Agradeço a eles também pelos conselhos para me ajudar a melhorar como pessoa e profissional.

Agradeço ao senhor Pedro Viana e a sua esposa Dona Lila que me receberam sempre muito bem sua casa no Espírito Santo e também aos seus familiares que sempre me trataram com carinho durante as nossas viagens. Agradeço também a eles por me mostrar como a simplicidade e a felicidade andam sempre muito juntas.

Agradeço aos amigos Carolina Leite Barbosa e Isaack Esdras Encarnação que estão juntos comigo desde o primeiro dia de faculdade até hoje e que sempre me deram força quando pensei em desistir da geologia e sempre me mostram que tenho uma grande capacidade para chegar onde eu quiser e embora os perrengues que passamos juntos, mostrou que nossa amizade é sólida e perdurará. Aos amigos e amigas Anne Nimrichter, Suyany Almeida, William Cornélio, Lucio Cunha, Matheus Bagno, Camila Gomes, Virginia Peixoto, Mariana Castro que estudaram comigo no colégio e sempre me deram forças para não desistir do meu sonho da geologia crescer aos poucos e sempre pude contar com eles.

Agradeço também a Aline Vilela, Thays Rangel, Yuri Laranja, João Paulo e Bárbara Picanço, pois foram amizades que cresceram durante a minha preparação no pré-vestibular e que provaram que mesmo com sonhos diferentes e eu meio extremamente competitivo todos podem se ajudar e alcançar seus objetivos sem ter que desmerecer alguém ou mesmo ter pensamentos individualistas.

Agradeço a Pedro Henrique Amorim, Bruna Amorim, João Vitor Amorim, Carlos Leandro Junior, Marco Gabriel, Daniel Piaz pelas conversas e conselhos, além de mostrarem que boas amizades nascem desde a infância e perduram a vida toda. Agradeço também a Rita de Cássia que sempre foi uma segunda mãe para mim me apoiando e também soube e dar bons conselhos em horas boas e ruins no passar de todos esses anos.

Agradeço também a minha psicóloga Dra. Raquel Bandeira que desde o início do meu tratamento e, principalmente esse ano, vem me ajudando com conselhos e estratégias para diminuir a minha ansiedade e poder melhorar cada dia mais. Além de me ensinar que os pensamentos negativos vão sempre estar em nossas cabeças e cabe a nós eliminá-los, pois somente assim iremos caminhar para nos tornar pessoas melhores.

## RESUMO

COELHO, V. S. A. **Mapeamento geológico e petrografia do ortogneiss Estrela e sua relação com as demais litologias na região de Estrela do Norte, Espírito Santo.** Ano 2020, XX, 93p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente trabalho consiste na descrição das rochas aflorantes no município de Estrela do Norte, localizado ao sul do Espírito Santo, por meio das relações de campo entre elas, com detalhamento da descrição petrográfica do ortogneiss Estrela e leucogranito associado. Geologicamente, a área de estudo localiza-se na porção sul da faixa Araçuaí, mais precisamente na região interna da faixa formada no evento Brasiliano-Panafricano durante o Neoproterozoico, limite Cambro-Ordoviciano. Nesse momento geraram-se 5 supersuítas, sendo elas: G1 (pré-colisional), G2 (sin-colisional), G3 (tardi-colisional), G4 e G5 (pós colisionais). O principal objeto de estudo deste trabalho, o Ortogneiss Estrela, encontra-se inserido na supersuíte G1. Durante o mapeamento geológico foram reconhecidas seis unidades litológicas: ortogneiss Estrela; Leucogranito, granito Alto Chapéu, diorito Alto Chapéu, Titanita Granito e Paragneiss. O Ortogneiss Estrela, foco desse trabalho, é uma rocha leucocrática possuindo uma foliação bem marcada pelos minerais máficos e pelos fenocristais de plagioclásio tabulares e amendoados, que se encontram inseridos em uma matriz composta de feldspato, quartzo, biotita, anfibólio, titanita, opacos, magnetita, allanita clorita, epidoto e caulinita. Além da variação porfirítica encontra-se na área de estudo uma variação equigranular e uma variação migmatizada. Embora a área tenha passado por metamorfismo, foi possível identificar a presença de texturas ígneas preservadas. Ao microscópio, o ortogneiss Estrela tem composição modal variando de tonalito a granodiorito, é leucocrático, com textura inequigranular porfirítica, foliação marcada pela biotita, hornblenda e pelos fenocristais de plagioclásio, podendo também ocorrer equigranular. Feições de recristalização de minerais félsicos e filmes de fusão compostos por quartzo e microclina também foram identificados. Mineralogicamente, apresenta plagioclásio como fenocristais e componente da matriz junto de quartzo, biotita, hornblenda, microclina, titanita, opacos, zircão, apatita, allanita, caulinita, clorita, carbonato, epidoto.

Palavras chave: Faixa Araçuaí; Ortogneiss Estrela; Mapeamento geológico; Petrografia

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>1</b>
<b>3.1. Etapa de campo.....</b>	<b>2</b>
<b>3.2. Etapa de escritório .....</b>	<b>2</b>
<b>3.3. Etapa de laboratório .....</b>	<b>2</b>
<b>4. NOMENCLATURA .....</b>	<b>5</b>
<b>5. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....</b>	<b>7</b>
<b>6. CONTEXTO TECTÔNICO.....</b>	<b>9</b>
<b>7. GEOLOGIA LOCAL E UNIDADES MAPEADAS.....</b>	<b>15</b>
<b>7.1. Paragnaisse.....</b>	<b>17</b>
<b>7.2. Ortognaisse Estrela .....</b>	<b>20</b>
<b>7.3. Leucogranito .....</b>	<b>32</b>
<b>7.4. Titanita Granito.....</b>	<b>35</b>
<b>7.5. Diorito Alto Chapéu.....</b>	<b>36</b>
<b>7.6. Granito Alto Chapéu .....</b>	<b>38</b>
<b>8. GEOLOGIA ESTRUTURAL PRELIMINAR .....</b>	<b>40</b>
<b>8.1. FASE Dn.....</b>	<b>40</b>
<b>9. PETROGRAFIA.....</b>	<b>45</b>
<b>9.1. Ortognaisse Estrela .....</b>	<b>45</b>
<b>9.2. Leucogranito .....</b>	<b>61</b>
<b>9.3. Titanita granito .....</b>	<b>66</b>



<b>9.4. Diorito Alto Chapéu.....</b>	<b>69</b>
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO I – TABELA DE PONTOS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO II – MAPA GEOLÓGICO.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO III – MAPA DE PONTOS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO IV – SEÇÃO GEOLÓGICA.....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação das lâminas das amostras estudadas ao microscópio. ....	5
Tabela 2 - Classificação do índice de cor de rochas ígneas baseado na porcentagem de minerais máficos (Le Maitre, 2002).....	6
Tabela 3 - Nomenclatura e descrição das texturas de rochas ígneas de acordo Williamns et al., 1970.....	6
Tabela 4 - Classificação da granulação da rocha de acordo com Williamns et al 1970. Na tabela encontram-se as classificações e o intervalo de tamanho das mesmas. ....	6
Tabela 5 - Divisão em quadrantes a partir das coordenadas do mapa da região .....	41
Tabela 6 - Tabela com as contagens modais das amostras analisadas de ortognaisse Estrela na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zircão; Clo: clorita; Src: sericita; Ept: Epidoto; NC: não contado .....	46
Tabela 7 - Tabela com as contagens modais das amostras de leucogranito analisadas na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zircão; Clo: clorita; Src: sericita; Ept: Epidoto; NC: não contado. ....	61
Tabela 8 - Tabela com a contagem modal da amostra de Titanita Granito analisada na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zir .....	66
Tabela 9 - Tabela com a contagem modal da amostra de diorito Alto Chapéu analisada na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zir. ....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microscópio Nikon modelo Eclipse E200 utilizado na descrição das lâminas petrográfica.....	3
Figura 2 - Aparelhos utilizados para contagem modal das lâminas descritas. A) microscópio de marca Zeiss modelo Axioplan B) Contador automático da marca Swift modelo F. ....	4
Figura 3 - Lupa de modelo Zeiss utilizada para fotografar características como aspecto geral das rochas estudadas. ....	4
Figura 4 - Gráfico de classificação de rochas ígneas plutônicas proposto por Streckeisen (1976). ....	7
Figura 5 - Localização da área de estudo. Google Earth, 2019.....	8
Figura 6 - Rotas de acesso para a área de estudo, partindo do Rio de Janeiro (Coordenadas(UTM):687385.20, 7464849.53) até Estrela do Norte, Espírito Santo (Coordenadas(UTM):257857.10, 7722245.15). Google Maps, 2019.....	8
Figura 7 - Subdivisão da Província da Mantiqueira com suas faixas móveis divididas nos respectivos domínios (extraído de Heilbron et al., 2004). ....	9
Figura 8 - Localização do Orógeno Araçuaí e o orógeno Ribeira em relação aos Crátons São Francisco e do Congo. (retirado de Alkimim, 2006). ....	10
Figura 9 - Modelo de evolução do rifte a sul do paleocontinente Congo- São Francisco. Modificado de Alkmin et al, 2006.....	12
Figura 10 - Mapa simplificado da Faixa Araçuaí. 1: Protólitos metassedimentares e metaígneos relacionados com o arco e o fore-arc; do limite acrescionário e unidades do embasamento, indiferenciadas; 1a: Lascas de ofiolitos do Criogeniano-Ediacariano; 2: Protólitos metavulcânicos e metassedimentares (relação com o arco) com pedaços menores do embasamento; 2b: Granulitos principalmente metassedimentares, alta temperatura; 3: Protólitos metassedimentares das bacias de back-arc; 4: Protólitos metaígneos com relação com o arco(630-585Ma; pontos pretos: noritos); 4c: Ortognaisse Serra da Cangalha (c. 630 Ma; Mendes et al., 2010); 5: Metasedimentos fundidos da bacia de back arc; G2 – Metaígneos (c.585-575 Ma) sin colisionais e supersuíte G3- recristalizada (c. 560-530 Ma); 5d: Granulitos de baixa pressão de sedimentos(Complexo Costeiro); 6: Plutonitos da supersuíte G5, granitos até gabros-noritos e rochas híbridas ( pontos pretos 6e) com menores Flogopita peridotitos; 7: sedimentos cenozoicos e vulcânicas associadas. Modificado de De Campos et al. (2016). ....	13

Figura 11 - Modelo de evolução do arco Rio Doce, durante a formação dos corpos graníticos G1. Extraído de Tedeschi et al. (2015). .....	14
Figura 12 -Mapa da geológico da região mapeada.....	16
Figura 13 - Foto que ilustra o aspecto textural do paragnaisse, evidenciando sua pequena proporção de minerais máficos, cristais de granulometria fina, foliação marcada pelos minerais máficos e presença de granada. ES-237.....	17
Figura 14 - Foto mostrando o contato brusco entre o paragnaisse indicado pela letra A e o ortognaisse Estrela indicado pela letra B. Ponto ES-237.....	18
Figura 15 - Bloco de Paragnaisse encontrado durante o mapeamento. No bloco é possível perceber que o paragnaisse sofreu processo de fusão parcial. Em campo identificou-se a porção leucossomática (A) e a porção melanocrática (B), além disso são vistos aglomerados de granada que são apontados pelas setas em amarelo e fazem parte da porção melanocrática. Ponto ES – 235.....	19
Figura 16 - Afloramento de paragnaisse que apresenta dobras fechadas. As linhas amarelas marcam as dobras. Ponto ES - 235. ....	19
Figura 17 - Foto da paisagem da área mapeada, mostrando os morros tipo "Pão de açúcar" de Ortognaisse Estrela. Esses morros possuem altitudes que podem atingir centenas de metros evidenciados pelas curvas de nível do mapa da figura 12. Ponto ES – 54.....	20
Figura 18 - Lajedo do Ortognaisse Estrela. A elevação onde se encontra o lajedo possui um tamanho em altura de centenas de metros e mostra uma feição de deslizamento que possibilitou a coleta de amostras frescas para petrografia. Ponto ES – 230. ....	21
Figura 19 - Lajedo associado com depósito de tálus. O lajedo da foto possui um tamanho de 20 metros de largura e os blocos associados possuem tamanho variando de decímetros a metros. Ponto ES - 223.....	21
Figura 20 - Depósito de tálus do Ortognaisse Estrela. Os blocos desse depósito de tálus ocorrem dispersos no campo aberto, com tamanhos variando entre 1 e 2 metros de tamanho. Ponto ES – 233.....	22
Figura 21 - Corte em estrada mostrando o afloramento do Ortognaisse Estrela. Ponto ES-137 .....	22
Figura 22 - Afloramentos de ortognaisse Estrela foliado mostrando como é encontrado na maior parte da área mapeada. Ponto ES - 225.....	23
Figura 23 - Amostra de mão da variação faciológica equigranular do ortognaisse Estrela. Ponto ES-58.....	24

Figura 24 – Bolsão equigranular com quantidade de fenocristais bem inferior em relação a rocha no restante do bloco. O gnaiss mostra uma foliação dobrada que é truncada por uma parte equigranular, marcado pela linha laranja. Ponto ES-225. ....	25
Figura 25 – Afloramento de Ortognaisse Estrela porfirítico com foliação de fluxo preservada, evidenciada pelo formato tabular dos fenocristais. A direção da foliação de fluxo está marcada na imagem com a linha tracejada vermelha. Ponto ES – 241. ....	25
Figura 26 - Fenocristais de feldspato em afloramento. Em escala de afloramento pode-se observar que fenocristais com hábitos amendoados (círculo vermelho) e tabulares (círculo azul) coexistem, indicando feições ígneas preservadas ao lado de deformacionais. Ponto ES-80. ...	26
Figura 27 - Ocorrências de pegmatitos no campo. A e B são exemplares da relação de corte entre o Estrela e os pegmatitos. Pontos ES-51 e ES – 143, respectivamente.....	26
Figura 28 – Quatro formas de ocorrências de veios de quartzo que cortam o Ortognaisse Estrela. A: Veio de quartzo dobrado, marcado em amarelo. Ponto ES-217; B: três famílias de veios de quartzo que mostram que existem veios pré e pós a deformação. O veio marcado pela linha vermelha foi o primeiro a se formar, seguido do marcado com a linha roxa e por fim o marcado com a linha laranja é o veio pós deformação. Ponto ES-161; C: veio de quartzo escalonado marcado em amarelo e as falhas estão marcadas em vermelho; D: Dois veios de quartzo vistos no afloramento. Ponto ES-233 O veio marcado com a cor vermelha está dobrado, enquanto que o marcado em azul é posterior ao evento deformacional. Ponto ES-217.....	27
Figura 29 – Enclaves mesocráticos inseridos no Ortognaisse Estrela. Os enclaves estão destacados pelos círculos vermelhos. Ponto ES-59. ....	28
Figura 30 – Buracos que evidenciam onde estariam os enclaves máficos que foram retirados do Ortognaisse Estrela pelos processos de erosão diferencial. A: afloramento de Ortognaisse Estrela com alguns enclaves já retirados pela erosão diferencial. Ponto ES – 058;.....	28
Figura 31 – Zona de cisalhamento dextral com orientação NW-SE no Ortognaisse Estrela. O tracejado azul marca o movimento da zona de cisalhamento. ES-217 .....	29
Figura 32 - Ocorrência de zona de cisalhamento com direção sinistral e orientação NNE-SSW inserida no ortognaisse Estrela. ES-14.....	29
Figura 33 – Ortognaisse Estrela migmatizado mostrando as três feições de um migmatito: A – Mesossoma; B- Leucossoma; C – Melanossoma. ....	30
Figura 34 – Ortognaisse Estrela migmatizado mostrando diferentes tipos de padrões de migmatito. A: - Ortognaisse Estrela migmatizado com padrão estromáticas. Ponto ES-277; B: Ortognaisse Estrela migmatizado com padrão <i>schlieren</i> . Ponto ES-277; C: - Ortognaisse Estrela	

migmatizado com padrão <i>schöllen</i> . Ponto ES-58; D: Ortognaisse Estrela migmatizado apresentando o padrão ptigmático. Ponto ES – 276. ....	31
Figura 35 – Ortognaisse Estrela equigranular tendo a ocorrência de granadas como minerais acessórios da rocha. Ponto ES – 235. ....	32
Figura 36 - Amostra de mão da variação equigranular do Leucogranito. Essa amostra destaca principalmente o baixo índice de cor da rocha, característica diagnóstica durante o mapeamento. ES - 057.....	33
Figura 37 - Contato entre o Ortognaisse Estrela e o Leucogranito sendo marcado pela concentração de allanita. A seta vermelha aponta essa concentração. Ponto ES-04.....	33
Figura 38 - Grandes blocos de leucogranito em pedreira. É possível observar o contato brusco entre o ortognaisse Estrela (OG) e o leucogranito (LG), marcado pelo tracejado azul; as falhas normais estão marcadas em vermelho e os pegmatitos(P) encontram-se destacados em amarelo. Os rejeitos das falhas são de 40 centímetros. Ponto ES-04.....	34
Figura 39 - Enclave falhado do Ortognaisse Estrela no Leucogranito, evidenciando o contato intrusivo entre eles. Ponto ES-04.....	34
Figura 40 - Amostra de mão do titanita granito. É possível ver na imagem as principais características dessa rocha como índice de cor, granulação e textura. ....	35
Figura 41 - Relação de corte entre o ortognaisse Estrela (OG) e o titanita granito((TG) nos lajedos observados em campo. A linha vermelha tracejada destaca o contato brusco entre as duas litologias. A: Dique de titanita granito com espessura de 20 centímetros.Ponto ES – 217; B: Dique de Titanita Granito com espessura de 60 centímetros. Ponto ES – 161.....	36
Figura 42 - Amostra de mão do diorito Alto Chapéu mostrando as principais características da rocha como índice de cor, granulação e textura. ....	37
Figura 43 – Bloco de Diorito Alto Chapéu A: Bloco de Diorito Alto Chapéu com xenocristais de K-feldspato marcados com os círculos vermelhos; B: Detalhe dos xenocristais presentes na rocha. Ponto ES - 020 .....	37
Figura 44 - Bloco centimétrico destacando enclaves do diorito (destacados em vermelho) no Granito Alto Chapéu. Ponto ES - 020.....	38
Figura 45 – Variação da coloração do K-feldspato presente no Granito Alto Chapéu. A: variação mais comum do Granito Alto Chapéu com o K-feldspato com coloração rósea. Ponto ES – 096; B: Variação menos de comum de se achar em campo do granito Alto Chapéu, com o k-feldspato com coloração branca. Destaca-se nessa figura a textura cumulática, sendo o cumulus composto pelos fenocristais de k feldspato e o intercumulus por minerais máficos. Ponto ES – 259. ....	39

Figura 46 -Enclave de um granito mais fino indicado pela linha tracejada vermelha inserido no granito Alto Chapéu . Ponto ES-257.....	40
Figura 47 - Estereograma de polos e densidade polos com as medidas feitas em campo da foliação.....	41
Figura 48 - Mapa da área de estudo dividido em quadrantes como mostrado na tabela 5.....	42
Figura 49 – Estereograma de polos e contornos do 1° quadrante do mapa. ....	43
Figura 50 - Estereograma de polos e contornos do 2° quadrante do mapa. ....	43
Figura 51 - Estereograma de polos e contornos do 3° quadrante do mapa. ....	44
Figura 52 - Estereograma de polos e contornos do 4° quadrante do mapa. ....	44
Figura 53 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Ortognaisse Estrela. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6* - Quartzo-álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro.....	47
Figura 54 – Fotomicrografia, a nicóis cruzados, da variação inequigranular do Ortognaisse Estrela, com cristais maiores de plagioclásio. Além do plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, hornblenda e minerais opacos são identificados. Observa-se que os cristais de plagioclásio exibem hábito tabular preservando uma textura primária. ....	48
Figura 55 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, da variação inequigranular porfirítica do Ortognaisse Estrela. Na imagem é possível ver a foliação marcada pelos minerais máficos (biotita) e pelos fenocristais. Além disso, pode-se observar que a linha tracejada vermelha separa a parte foliada de uma porção da rocha sem orientação evidente dos minerais e de maior granulação, que pode ser devido a fenômenos de fusão parcial. ....	48
Figura 56 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de evidências de fusão e recristalização. A: é possível perceber que na porção entre as linhas tracejadas a granulação da rocha é maior e não há orientação dos minerais, podendo corresponder ao mesossoma; B: Vê-se nesta imagem que entre as linhas tracejadas os fenocristais de plagioclásio estão preservados, contrastando texturalmente com as áreas demarcadas. ....	49
Figura 57 - Filmes de fusão no Ortognaisse Estrela. A: Filme de fusão a nicóis descruzados, sendo destacado pela seta amarela; B Filme de fusão a nicóis cruzados e assinalado pela seta amarela. É possível identificar que o filme de fusão é formado principalmente por quartzo (Qtz); C: Filme de fusão a nicóis descruzados sendo destacado pela seta amarela; D:filme de fusão a	

nicois cruzados; E: Filme de fusão, constituído por quartzo (Qtz) e por microclina (Mcl); F: Linha vermelha marca o limite entre restito (à direita) e filme de fusão recristalizado (à esquerda). ....	50
Figura 58 - Formas de ocorrência do plagioclásio no Ortognaisse Estrela. A: textura ígnea preservada, evidenciada pelos contatos retos do cristal de plagioclásio e pelo seu hábito tabular; B: Cristal de plagioclásio fraturado; C: fenocristal de plagioclásio tabular; D: Ocorrência de cristais subédricos de plagioclásio com contatos sinuosos que ocorrem na matriz da rocha...	51
Figura 59 - Inclusões de zircão(A), apatita (B) e biotita (C) nos cristais de plagioclásio observados no Ortognaisse Estrela. ....	51
Figura 60 - Cristal de plagioclásio apresentando inclusões de pequenos cristais de microclina, indicando a textura antipertítica. Plg - Plagioclásio; Qtz - Quartzo; Mcl - Microclina; Btt – Biotita. ....	52
Figura 61 - Fotomicrografia, em nicóis cruzados, mostrando a textura mirmequítica resultado da reação entre plagioclásio e microclina. ....	52
Figura 62 - Exemplos de alterações nos cristais de plagioclásio observados na rocha. A: cristal de muscovita gerada pela alteração do plagioclásio; B: Cristal de plagioclásio apresentando caulinita gerada pela alteração desse feldspato. A caulinita é identificada pelos pontos escuros inseridos no interior do cristal de plagioclásio; C: Aglomerado de sericita e carbonato nos cristais de plagioclásio. ....	53
Figura 63 - Cristal de quartzo com contatos irregulares e apresentando fraturamento. ....	54
Figura 64 - Inclusão de apatita em cristal de quartzo no centro da foto .....	54
Figura 65 - Cristal subédrico de microclina, podendo ser observados os contatos sinuosos entre os minerais ao redor. Plg - Plagioclásio; Qtz - Quartzo; Mcl - Microclina; Btt – Biotita. ....	55
Figura 66 - Fotomicrografia das principais características da biotita nas lâminas delgadas. A: cristal euédrico de biotita destacado pelo círculo vermelho; B: aglomerado de biotita, associado com titanita e plagioclásio; C: inclusão de pequenos cristais de titanita, destacados pelo círculo vermelho; D: inclusão de cristais de zircão, destacados pelo círculo vermelho; E: Aglomerado de biotita, sendo possível identificar a alteração deste mineral para clorita; a alteração acompanha as direções de clivagem da biotita; F: alteração da biotita para muscovita; assim como a clorita, a muscovita acompanha os planos de clivagem. ....	56
Figura 67 - Ocorrências de hornblenda nas lâminas delgadas estudadas. A: cristal subédrico de hornblenda com a clivagem ainda preservada; B: cristal de hornblenda em contato com aglomerado de biotita; C: cristal de hornblenda transformando-se para biotita. Ainda nesse	



cristal é possível identificar uma inclusão de zircão sinalizado pelo círculo vermelho e a relação do anfibólio com os opacos, possivelmente exsolvidos quando da substituição por biotita; D: cristal de hornblenda sendo substituído por biotita. ....	57
Figura 68 - Fotomicrografias das ocorrências de titanita nas rochas estudadas. A: titanita euédrica com contatos retilíneos e hábito losangular; B: Aglomerado de opacos com a titanita demonstrando a relação entre esses minerais e mostrando os contatos sinuosos de cristais anédricos de titanita; C: cristais de titanita a nicois descruzados; D: cristais da figura C a nicois cruzados mostrando diversas cores de interferência; E: Inclusão de apatita no cristal de titanita; F: Inclusão de zircão no cristal de titanita. ....	58
Figura 69 - Fotomicrografias das formas de ocorrência da allanita na rocha estudada. A. Cristal de allanita provocando fraturas em plagioclásio; B. Cristal de allanita completamente envolvida por epidoto; C. Cristal de allanita parcialmente metamórfico; D. Allanita associada à biotita.	59
Figura 70 - Fotomicrografia, a nicois cruzados, de cristais dos minerais opacos com hábito esqueletal. Nesse aglomerado, os cristais estão em contato com biotita e titanita. ....	59
Figura 71 - Fotomicrografia, a nicois cruzados, de um aglomerado de biotita, titanita e opacos. Nesse aglomerado, é possível observar hábito variando de prismático a granular, localmente esqueletal, dos minerais opacos. ....	60
Figura 72 - Ocorrência de zircão na rocha estudada. A: em detalhe um cristal de zircão euédrico e prismático; B: ocorrências de tamanhos distintos de zircão na rocha. ....	60
Figura 73 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Leucogranito. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6* - Quartzó-álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzó sienito; 8* - Quartzó monzonito; 9* - Quartzó monzodiorito; 10* - Quartzó diorito/Quartzó gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro. ....	62
Figura 74 - Aspecto textural ao microscópio do Leucogranito, com ênfase na matriz equigranular. ....	63
Figura 75 – Fotomicrografia, a nicois cruzados, de cristal de microclina com lamelas pertíticas alongadas e com inclusão de plagioclásio destacada. ....	64
Figura 76 - Fotomicrografia, a nicois cruzados, da textura mirmequítica apontada pela seta amarela. Os cristais de microclina inseridos no plagioclásio que podem indicar textura antipertítica estão marcados com um círculo vermelho. ....	64

Figura 77 – Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de um cristal de biotita presente no Leucogranito.....	65
Figura 78 – Fotomicrografia de um aglomerado de hornblenda e biotita no Leucogranito.....	65
Figura 79 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Titanita Granito. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6* - Quartzo-álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro.....	66
Figura 80 - Fotomicrografia, a nicóis descruzados, de aspecto textural do Titanita Granito...	67
Figura 81 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de aspecto textural do Titanita Granito.....	67
Figura 82 - Fotomicrografia destacando os cristais de titanita. É possível observar que ocorrem cristais desse mineral com hábito prismático. ....	68
Figura 83 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Diorito Alto Chapéu. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6* - Quartzo-álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro.....	69
Figura 84 - Fotomicrografia, a nicóis descruzados, de uma visão geral do diorito Alto Chapéu. ....	70
Figura 85 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de uma visão geral do diorito Alto Chapéu..	70
Figura 86 - Modelo digital de elevação da área mapeada. ....	72

## **1. INTRODUÇÃO**

A área estudada neste trabalho localiza-se ao sul do Espírito Santo no município de Estrela do Norte. Essa área, geologicamente, está localizada na província da Mantiqueira inserida no sul da faixa Araçuaí – Ribeira formada durante o evento Brasileiro – Panafricano com duração do Neoproterozoico até o limite Cambro-Ordoviciano. Durante esse intervalo (630 Ma-485 Ma) nessa área ocorreu uma grande granitogênese que marcou as fases evolutivas do orógeno Araçuaí. Na literatura essas fases foram divididas por Pedrosa-Soares et al., (2001, 2008) em 5 grandes supersuítas conhecidas como G1, G2, G3, G4 e G5, que representam as fases pré (G1), sin(G2), tardi (G3) e pós colisionais (G4 e G5) do orógeno em questão. O ortognaisse Estrela, é um dos corpos que compõem a supersuíte G1, geomorfologicamente compondo morros “Pão de Açúcar”, lajedos e depósitos de tálus.

A área de pesquisa está inserida na folha topográfica Anutiba, de escala 1:50.000. Durante o mapeamento, foram identificadas seis litologias sendo elas o ortognaisse Estrela, foco deste trabalho, Leucogranito, granito Alto Chapéu, diorito Alto Chapéu, Titanita Granito e Paragnaisse. Além disso, foi feita a descrição petrográfica do Ortognaisse Estrela, Leucogranito, Diorito Alto Chapéu e Titanita Granito.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo mapeamento geológico e confecção de um mapa geológico da área estudada, além de descrição de campo e microscópica do ortognaisse Estrela aflorante na região de Estrela do Norte, Espírito Santo. Visa uma melhor compreensão das relações de campo entre o Estrela e as demais litologias encontradas na área, contribuindo assim para o detalhamento geológico e do contexto no qual as rochas estudadas estão inseridas.

## **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho é dividido em três etapas: uma de campo (mapeamento geológico), uma de escritório e a outra de laboratório. Na etapa de campo foram feitas cinco viagens para a área de estudo. Para o mapeamento foi utilizada a carta topográfica Anutiba na escala de 1:25.000, elaborada e obtida no site do IBGE, na qual foi recortada uma área de 120 km<sup>2</sup> referente à área de estudo deste trabalho.

### **3.1. ETAPA DE CAMPO**

No campo foram plotados um total de duzentos e oitenta quatro pontos, incluindo aqueles referentes às litologias na área e também pontos de controle. Cada ponto foi registrado a partir de uma determinada coordenada obtida através do GPS da marca Garmin ext. 10 configurado em Datum WGS 84 UTM 24 S. Foi feita descrição macroscópica detalhada levando em consideração mineralogia, textura, granulação, feições de deformação e anatexia, presença de enclaves, alteração e o tipo de afloramento e o registro de todas essas características foi feito através de fotografias. Em alguns pontos foram realizadas medidas de foliação e lineação com o auxílio de uma bússola da marca Bruntom declinada para 21° oeste. Ainda em campo foram coletadas amostras para a confecção de lâminas delgadas para análise petrográfica em laboratório.

### **3.2. ETAPA DE ESCRITÓRIO**

Na etapa de escritório foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos anteriores com o intuito de conhecer o contexto tectônico da área de trabalho. Além disso, foi elaborada uma tabela no software Excel 2016 contendo os pontos marcados, suas litologias, medidas e identificação de amostras coletadas (Anexo I). Esses dados foram importados para o software de geoprocessamento ArcGIS 10.5 para a confecção do mapa geológico (Anexo II), mapa de pontos (Anexo III) e de modelo digital de elevação (Figura 85). Uma tabela no Excel 2016 foi também confeccionada para organizar as contagens modais das lâminas feitas no laboratório. Para a confecção das descrições das lâminas foi usado o software Word 2016. Por fim, foi confeccionado no software Corel Draw X8 uma seção representativa da área de *estudo* (Anexo IV) e montagem das imagens. Por fim, para a geração dos estereogramas de polos e contornos foi utilizado o software Openstereo.

### **3.3. ETAPA DE LABORATÓRIO**

Na etapa de laboratório as 36 lâminas delgadas confeccionadas no laboratório de laminação da UFRJ foram descritas em um microscópio de marca Nikon modelo Eclipse E200 (Figura 1) pertencente ao Laboratório de Microscopia no Departamento de Geologia da UFRJ.



Figura 1 - Microscópio Nikon modelo Eclipse E200 utilizado na descrição das lâminas petrográfica.

Na descrição petrográfica ao microscópio foram observados índice de cor, granulação, textura e mineralogia das rochas, dentre outros aspectos tais como reações e intercrescimentos entre minerais, inclusões e alteração. Para a contagem modal foram estipulados 800 pontos por lâmina utilizando um contador automático da marca Swift modelo F acoplado em um microscópio de marca Zeiss modelo Axioplan pertencente ao LabSonda (Laboratório de Microsonda Eletrônica e Difração de Raios-X) (Figura 2) do Departamento de Geologia da UFRJ. A granulação foi classificada com base nos valores de limites definidos na Tabela 4.

As fotos dos aspectos de interesse nas lâminas foram retiradas pela câmera acoplada no microscópio de marca Zeiss e também na Lupa Zeiss para retirar fotomicrografias de visões mais gerais das rochas estudadas (Figura 3). Por fim, a partir dos dados obtidos na contagem, as rochas estudadas foram classificadas em um gráfico QAP de acordo com a classificação de Streckeisen (1976).



Figura 2 - Aparelhos utilizados para contagem modal das lâminas descritas. A) microscópio de marca Zeiss modelo Axioplan B) Contador automático da marca Swift modelo F.



Figura 3 - Lupa de modelo Zeiss utilizada para fotografar características como aspecto geral das rochas estudadas.

Na tabela 1 encontram-se as lâminas, classificações e nome da unidade que foram utilizadas nesse trabalho.

Tabela 1 - Relação das lâminas das amostras estudadas ao microscópio.

Ponto	Classificação da rocha	Litologia	Ponto	Classificação da rocha	Litologia
ES – 01	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 49	Tonalito	Ortognaisse Estrela
ES - 02	Monzogranito	Ortognaisse Estrela	ES - 53A	Tonalito	Ortognaisse Estrela
ES – 03	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 53B	Granodiorito	Ortognaisse Estrela
ES – 05	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 93B	Quartzo monzonito	Ortognaisse Estrela
ES – 06	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 137	Tonalito	Ortognaisse Estrela
ES – 11	Monzogranito	Ortognaisse Estrela	ES - 144C	Granodiorito	Ortognaisse Estrela
ES – 12	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 178A	Quartzo-Monzonito	Ortognaisse Estrela
ES – 14	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 178B	Tonalito	Ortognaisse Estrela
ES-14B	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 201	Monzogranito	Ortognaisse Estrela
ES - 15	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 230	Quartzo Diorito	Ortognaisse Estrela
ES - 16	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 03GR	Sienogranito	Leucogranito
ES - 19A	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 03GH	Sienogranito	Leucogranito
ES - 19B	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 04	Sienogranito	Leucogranito
ES - 30E	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES - 07	Sienogranito	Leucogranito
ES - 33A	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 15B	Monzogranito	Leucogranito
ES - 33B	Granodiorito	Ortognaisse Estrela	ES - 138	Sienogranito	Leucogranito
ES - 48A	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES – 102	Sienogranito	Titanita Granito
ES - 48B	Tonalito	Ortognaisse Estrela	ES-118A	Quartzo diorito	Diorito Alto Chapéu

## 4. NOMENCLATURA

Para facilitar a leitura deste trabalho, este capítulo tem por finalidade detalhar as terminologias que serão usadas, além de padronizar conceitos e siglas que serão utilizados.

O índice de cor de uma rocha é determinado através da identificação dos minerais máficos, ou seja, biotita, hornblenda, titanita, opacos, clorita, allanita entre outros. Os intervalos adotados nesse trabalho tiveram como base a classificação de Le Maitre (2002) e estão na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do índice de cor de rochas ígneas baseado na porcentagem de minerais máficos (Le Maitre, 2002).

% de minerais máficos	Índice de cor
0 - 10%	Hololeucocrática
10 - 35%	Leucocrática
35 - 65%	Mesocrática
65 - 90%	Melanocrática
90 - 100%	Holomelanocrática

As texturas das rochas ígneas também são um importante parâmetro. Williams et al. (1970) as dividiram em dois grandes grupos conhecidos como afanítica e fanerítica, sendo a segunda ainda tendo subdivisões classificadas como equigranular, porfirítica e seriada. As classificações e suas respectivas descrições encontram-se na tabela 3. Williams et al. (1970) também dividiram a granulação das rochas ígneas, que se encontra na tabela 4.

Tabela 3 - Nomenclatura e descrição das texturas de rochas ígneas de acordo Williams et al., 1970.

Textura	Descrição
Afanítica	Maioria dos constituintes não pode ser diferenciada à olho nu.
Fanerítica	Constituintes podem ser diferenciados à olho nu.
Equigranular	Maioria dos minerais da rocha são equidimensionais.
Porfirítica	Cristais maiores (fenocristais) imersos em matriz de granulação mais fina ou vítrea.
Seriada	Cristais apresentam ampla variação de tamanho.

Tabela 4 - Classificação da granulação da rocha de acordo com Williams et al 1970. Na tabela encontram-se as classificações e o intervalo de tamanho das mesmas.

Granulação	Tamanho dos cristais
Fina	< 1mm
Média	1 até 5mm
Grossa	5mm até 30 mm
Muito grossa	>30 mm

O termo gnaisse empregado nesse trabalho visa denominar as rochas metamórficas compostas de quartzo, mais de 25 % de feldspato e que apresentem estruturas que indicam



deformação como, por exemplo, foliação, lineação, dobras ou bandamento gnáissico. Para a classificação das rochas estudadas foram feitas as plotagens de sua composição modal no diagrama QAP baseado na normalização para 100% dos valores de quartzo, plagioclásio e álcali feldspato (Figura 4).

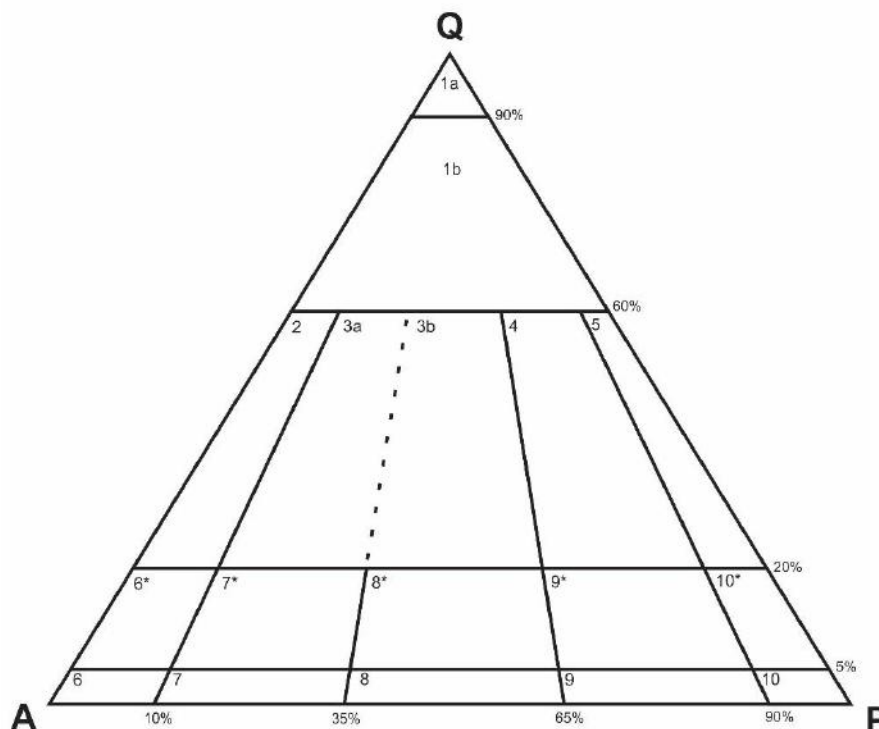


Figura 4 - Gráfico de classificação de rochas ígneas plutônicas proposto por Streckeisen (1976).

O termo enclave é encontrado nesse trabalho, e segue a classificação de acordo com o trabalho de Didier & Barbarin (1991) que classifica esse termo como qualquer pedaço de rocha envolvida por uma rocha encaixante. Além desse termo, Didier & Barbarin (1991) classificam xenocristais como qualquer mineral isolado e estranho a rocha em que está presente.

## 5. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo situa-se entre os distritos de Estrela do Norte e Burarama que se encontram distantes 23 km de Estrela do Norte e estão localizados na parte sul do Espírito Santo, no município de Castelo. (Figura 5).

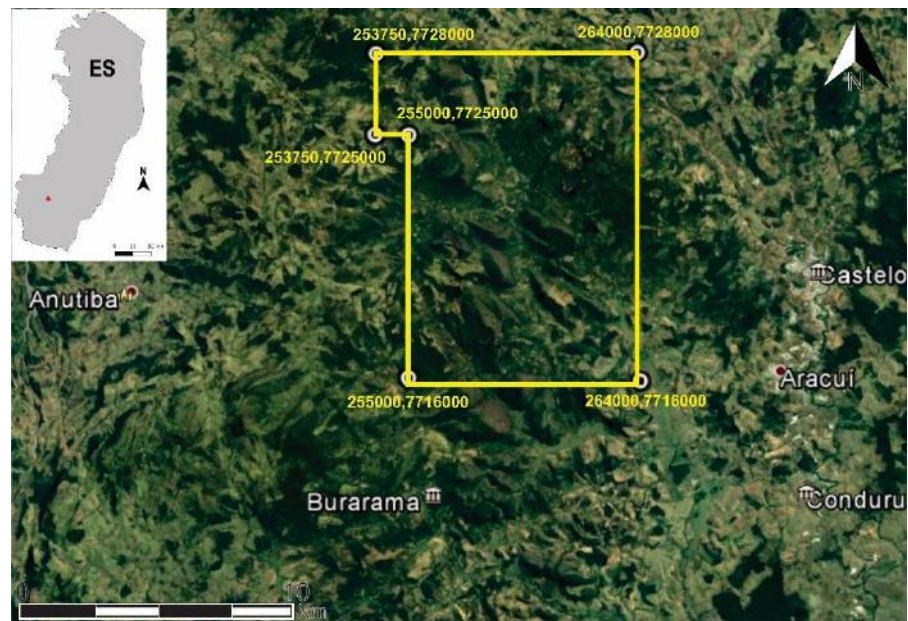


Figura 5 - Localização da área de estudo. Google Earth, 2019.

Partindo do Rio de Janeiro a distância percorrida é de 483 km e pode ser feita pelas BR-101, BR-393 ou BR-116 e BR-393. Ao chegar à região de Aracuí, já no município de Castelo, é preciso pegar a ES – 491 e seguir até Estrela do Norte (Figura 6)

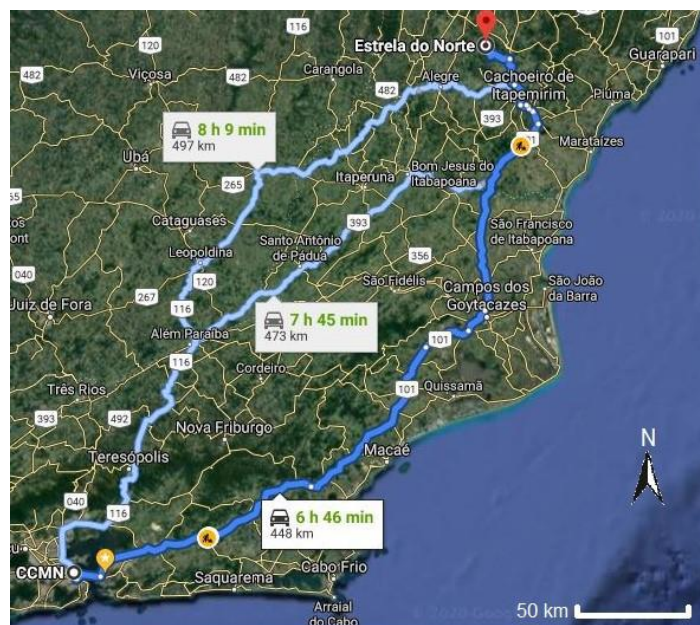


Figura 6 - Rotas de acesso para a área de estudo, partindo do Rio de Janeiro (Coordenadas(UTM):687385.20, 7464849.53) até Estrela do Norte, Espírito Santo (Coordenadas(UTM):257857.10, 7722245.15). Google Maps, 2019.

## 6. CONTEXTO TECTÔNICO

A área estudada encontra-se situada na Província da Mantiqueira, a qual configura um sistema de orógenos que se estende por uma faixa de 3000 km desde o sul até o sudeste do Brasil, formada durante a convergência dos crátons São Francisco, Congo, Kalahari, Rio de la Plata e Paranapanema (Almeida, 1977; Mendes *et al.*, 2010). Esse sistema orogênico possui orientação NE-SW e registra complexos eventos ocorridos no Neoproterozoico que vieram a formar o Paleocontinente Gondwana durante o ciclo Brasileiro – Panafricano (Heilbron *et al.*, 2004). Esta província faz contato com as províncias Tocantins, Paraná e São Francisco e pode ser subdividida nas faixas orogênicas Araçuaí (Porção Setentrional), Ribeira, Apiaí (Porção Central), Dom Feliciano e São Gabriel (Porção Meridional) (Trouw *et al.*, 2000) e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004) (Figura 7). O presente trabalho localiza-se no sul da Faixa Araçuaí, próximo ao limite com a Faixa Ribeira.

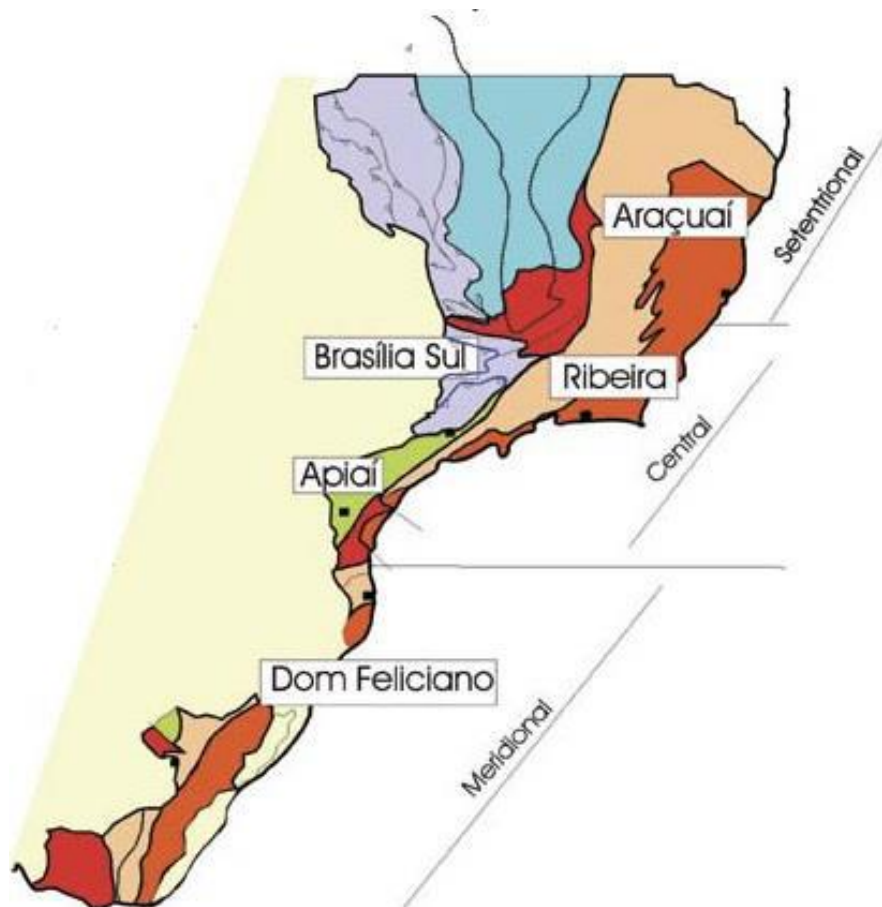


Figura 7 - Subdivisão da Província da Mantiqueira com suas faixas móveis divididas nos respectivos domínios (extraído de Heilbron *et al.*, 2004).

O orógeno Araçuaí, localizado a leste do Cráton São Francisco, é um segmento do sistema orogênico Brasileiro-Panafricano gerado no Neoproterozoico devido à colisão entre o Cráton do São Francisco e Cráton do Congo, o que culminou na formação do Gondwana Oriental (Alkmin *et al.*, 2006; De Campos *et al.*, 2016) (Figura 8). Nesse sistema orogênico estão inseridas as faixas móveis Araçuaí e Ribeira e seus correspondentes no Cráton do Congo, as faixas do Congo Oeste, Kaoko Damara e Gariep (Wiedemann *et al.*, 2002).



Figura 8 - Localização do Orógeno Araçuaí e o orógeno Ribeira em relação aos Crátons São Francisco e do Congo. (retirado de Alkimim, 2006).

O orógeno Araçuaí possui extensão de 1000 km de extensão e 500 km de largura e está localizado a leste do Craton São Francisco e a oeste da margem continental atlântica, possuindo um grande volume de rochas que estão expostos em um área de 350.000 km<sup>2</sup> (Gonçalves *et al.*, 2014; Pedrosa-Soares *et al.*, 2008). Este orógeno é classificado como um orógeno confinado, de acordo com Vieira *et al.*, (2007), por possuir uma bacia precursora formada em uma reentrância fechada a norte pela ponte cratônica Bahia – Gabão e somente o setor sul do orógeno ter havido geração de crosta oceânica e formação de arco continental evidenciado pela ocorrência de ofiolitos. Na questão estrutural esse orógeno apresenta dois *trends* principais, um com direção N-S mais ao norte sendo marcado pela faixa Araçuaí e a sul esse *trend* sofre uma inflexão para a direção NNE-SSW característico da faixa Ribeira (Alkmin *et al.*, 2006; Heilbron *et al.*, 2004). O orógeno Araçuaí é dividido em dois principais domínios: externo e interno (Heilbron *et al.*, 2004; Pedrosa-Soares *et al.*, 2007). O domínio externo é constituído pelos

sedimentos da bacia precursora, a bacia Macaúbas, enquanto o domínio interno é formado pelos granitoides gerados nas fases pré, sin, tardi e pós colisionais do Arco Magmático do Rio Doce representados pelas supersuítas G1, G2, G3, G4 e G5 (Heilbron *et al.*, 2004; Pedrosa- Soares *et al.*, 2001,2008).

O embasamento do Orógeno Araçuaí formou-se pela aglutinação de blocos crustais de idade arqueana durante os eventos orogênicos de 2,2 Ga – 2,0 Ga (Noce *et al.*, 2007; Pedrosa- Soares *et al.*, 2001). As unidades que são descritas como o embasamento do orógeno Araçuaí são o Complexo Pocrane, o Complexo Juiz de Fora e o Complexo Quirino ( Gonçalves *et al.*, 2014; Silva, 2010; Tedeschi *et al.*, 2015). O complexo Pocrane possui idade Sideriana (Degler *et al.*, 2018) e é composto de biotita-hornblenda ortognaisses pouco migmatizados, bandados e às vezes laminados de composição granodiorítica (Degler *et al.*, 2018; Gonçalves *et al.*, 2014; Noce *et al.*, 2007). O complexo Juiz de Fora é composto por gnaisses granulíticos que têm sua composição variando desde enderbítico até charnockitos e intercalações de granulitos máficos (Gonçalves *et al.*, 2014; Noce *et al.*, 2007). Por fim, o Complexo Quirino é constituído de ortognaisses tonalíticos a graníticos que possuem intercalações com metamáficas e metaultramáficas (Degler *et al.*, 2018).

Por volta de 906 Ma, idade obtida por datação de diques máficos (Queiroga *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2008; Silva, 2010), a sul deste paleocontinente ocorreu a geração de crosta oceânica devido a um processo de rifteamento e abertura de uma bacia de margem passiva, marcada pelos depósitos da Formação Macaúbas e progressivamente abrindo um golfo com ligação com o oceano Adamastor (Alkmin *et al.*, 2006; Pedrosa-Soares *et al.*, 2007; Peixoto *et al.*, 2015). A geração de crosta oceânica e o rifteamento foram interrompidos quando, no Ediacariano, se instala uma zona de subducção com direção para o Cráton do Congo ( Gonçalves *et al.*, 2014; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001; Tedeschi *et al.*, 2015), iniciando o processo de fechamento do golfo num padrão classificado como quebra nozes (Alkmin *et al.*, 2006, 2007) (Figura 3). Esse processo de “quebra nozes”, de acordo com Alkmin *et al.* (2006) e Vieira *et al.* (2007), teria iniciado pela interação dos crátons São Francisco – Congo, Amazônico, Rio de la Plata e Kalahari que iriam gerar o Gondwana Ocidental.



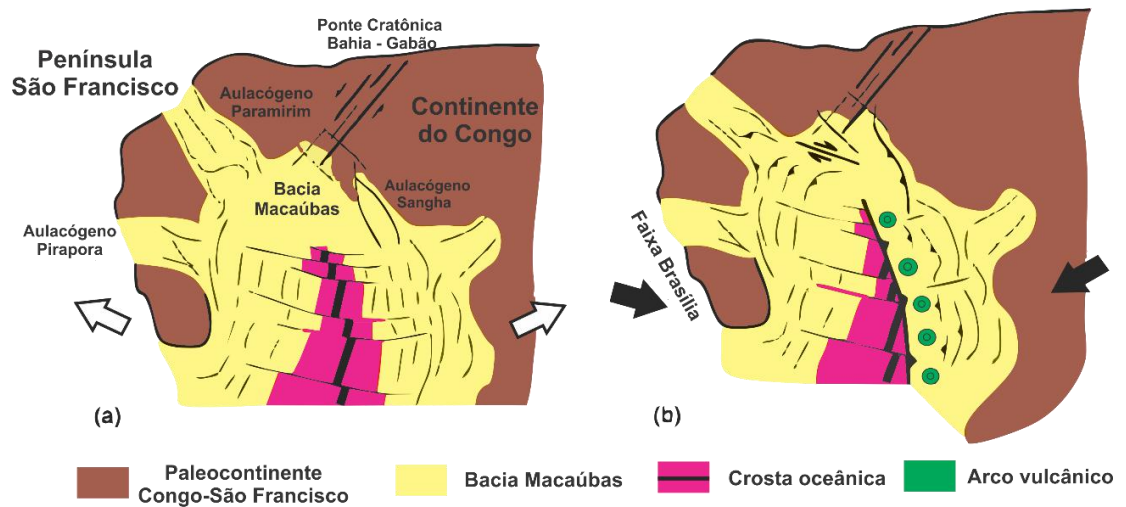


Figura 9 - Modelo de evolução do rifte a sul do paleocóntinente Congo- São Francisco. Modificado de Alkmin et al, 2006

Com o início da subducção, formou-se um arco magmático continental, o arco do Rio Doce. Desse momento até o limite do Cambriano- Ordoviciano a crosta dessa região foi intrudida por um grande volume de granitos (De Campos *et al.*, 2016). A partir das relações de campo, características estruturais, geoquímicas, e geocronológicas os granitos gerados durante a atividade do arco até o fim da orogênese com o relaxamento crustal foram divididos por Pedrosa Soares et. al (2001, 2008) em 5 supersuítas denominadas G1 a G5: a super suíte G1 ( 630 Ma – 580 Ma) corresponde à fase pré-colisional do orógeno, G2 (585 Ma – 545 Ma) à fase sin-colisional, G3 (545 Ma – 530 Ma) corresponde à fase tardi-colisional e as supersuítas G4 e G5 (530 Ma – 500 Ma e 500 Ma – 480 Ma, respectivamente) são os estágios pós colisionais e interpretadas como unidades referentes ao colapso gravitacional do orógeno (De Campos *et al.*, 2016; Gonçalves *et al.*, 2014; Heilbron *et al.*, 2004; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2008; Wiedemann *et al.*, 2002).

A supersuíte G1 representa a raiz do arco Rio Doce e é representada por granitos tipo I, pertencente a uma série cálcio alcalina expandida, com características metaluminosas que tem como representantes, no arco, tonalitos até granodioritos, presentes na forma de *stocks*, diques e batólitos que possuem enclaves máficos até dioríticos, além de rochas ricas em ortopiroxênio representadas pelos charnockitos (Gonçalves *et al.*, 2014; Pedrosa-Soares & Wiedemann, 2000; Pedrosa- Soares *et al.*, 2008; Tedelschi *et al.*, 2015; Vieira *et al.*, 2007). Essas rochas foram afetadas pelo metamorfismo regional Brasileiro apresentando deformação dúctil, contudo podem ter características ígneas preservadas (Tedelschi *et al.*, 2015). A suíte G1 ainda possui rochas piroclásticas e vulcanoclásticas de composição dacítica até riolítica,

também metamorfizadas, do Grupo Rio Doce (Gonçalves *et al.*, 2014; Tedelschi *et al.*, 2016)(Figura 10).

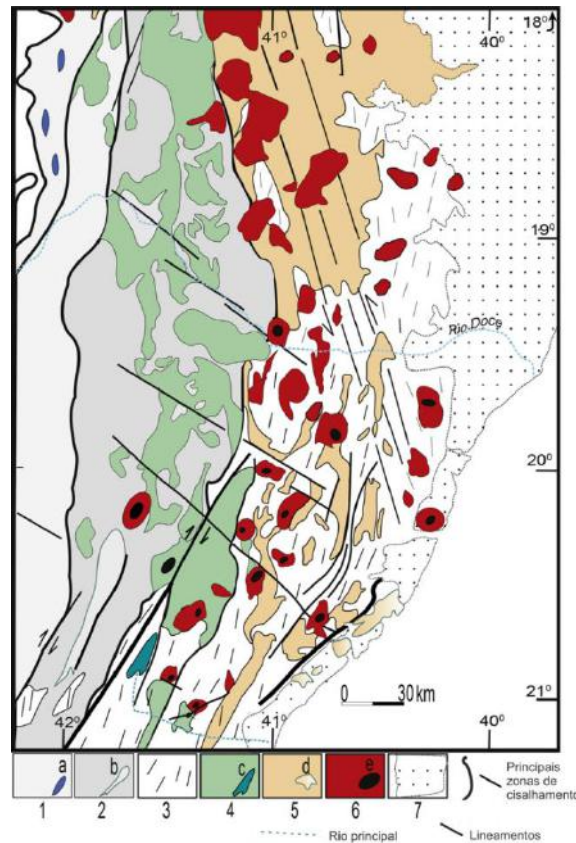


Figura 10 - Mapa simplificado da Faixa Araçuaí. 1: Protólitos metassedimentares e metaígneos relacionados com o arco e o fore-arc; do limite acrescionário e unidades do embasamento, indiferenciadas; 1a: Lascas de ofiolitos do Criogeniano-Ediacariano; 2: Protólitos metavulcânicos e metassedimentares (relação com o arco) com pedaços menores do embasamento; 2b: Granulitos principalmente metassedimentares, alta temperatura; 3: Protólitos metassedimentares das bacias de back-arc; 4: Protólitos metaígneos com relação com o arco (630-585 Ma; pontos pretos: noritos); 4c: Ortognaisse Serra da Cangalha (c. 630 Ma; Mendes *et al.*, 2010); 5: Metasedimentos fundidos da bacia de back arc; G2 – Metaígneo (c. 585-575 Ma) sin colisionais e supersuíte G3- recristalizada (c. 560-530 Ma); 5d: Granulitos de baixa pressão de sedimentos (Complexo Costeiro); 6: Plutonitos da supersuíte G5, granitos até gabros-noritos e rochas híbridas (pontos pretos 6e) com menores Flogopita peridotitos; 7: sedimentos cenozoicos e vulcânicas associadas. Modificado de De Campos *et al.* (2016).

De acordo com Tedeschi *et al* (2015), a evolução do arco Rio Doce pode ser resumida da seguinte maneira: inicialmente a crosta oceânica seria subductada em direção ao Cráton do Congo e com a continuidade desse processo a cordilheira meso-oceânica entraria na zona de subducção abrindo espaço para subida do manto astenosférico, que se alojaria na base da crosta gerando fusão da mesma, aumentando o volume de magma e atestando que o magma do arco não possui somente caráter juvenil. Como último estágio, a placa oceânica se quebraria e possibilitaria a subida de mais magma astenosférico gerando mais calor e intrudindo mais a crosta já na fase final do arco (Figura 11).

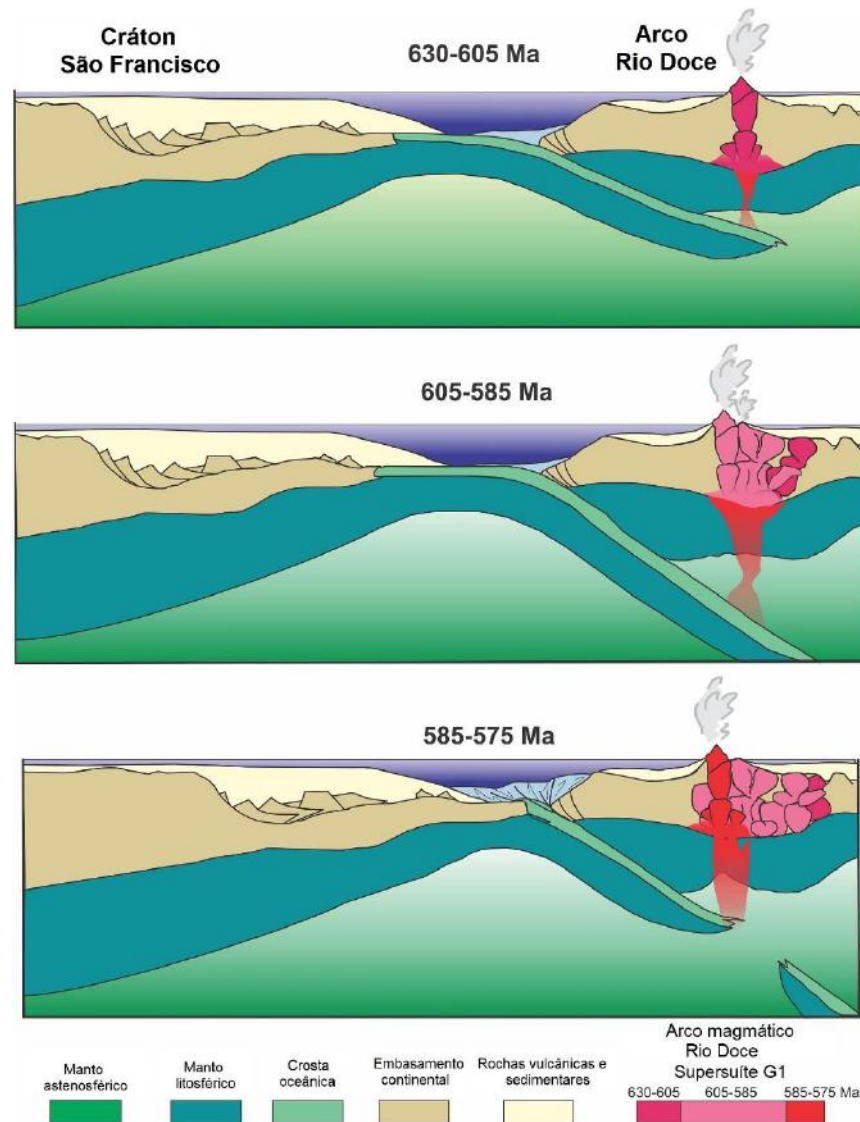


Figura 11 - Modelo de evolução do arco Rio Doce, durante a formação dos corpos graníticos G1. Extraído de Tedeschi et al. (2015).

Durante a fase colisional houve o espessamento crustal e formação de núcleos metamórficos que registraram condições de pressão e temperatura que correspondem ao metamorfismo do tipo Barroviano (De Campos *et al.*, 2004; Gradim *et al.*, 2014; Peixoto *et al.*, 2015), que se iniciou anidro e evoluiu para um mais hidratado podendo identificar a presença de fusão parcial e desidratação de protólitos metassedimentares da supersuíte G2. Nesse momento, as estruturas prévias foram sobrepostas, zonas de cisalhamentos foram formadas e dentre elas se destacam, a sul, as zonas de cisalhamento Abre Campo, Manhauçu - Santa Margarida, Guaçuí e Batatal, sendo que a primeira marca a zona de sutura durante o fechamento



do oceano prévio (Cunningham *et al.*, 1998; Da Silva *et al.*, 2009; Wiedemann *et al.*, 2002). Por fim, com o relaxamento do orógeno por volta de 560 a 535 Ma ocorre um momento de quiescência magmática (Wiedemann *et al.*, 2002). Entre 535 Ma e 480 Ma, um novo período de atividade magmática se inicia, devido à mudança da dinâmica da tectônica de compressional para extensional, gerando as supersuítas G4 e G5 que intrudem as rochas pré-existentes.

## **7. GEOLOGIA LOCAL E UNIDADES MAPEADAS**

Durante a atividade de campo na área estudada foram identificadas e descritas seis unidades litológicas distintas: 1-Ortognaisse Estrela; 2-Leucogranito; 3- Titanita Granito; 4-Diorito Alto Chapéu, 5-Granito Alto Chapéu e 6-Paragnaisse. O mapa geológico da área de estudo encontra-se na figura 12.

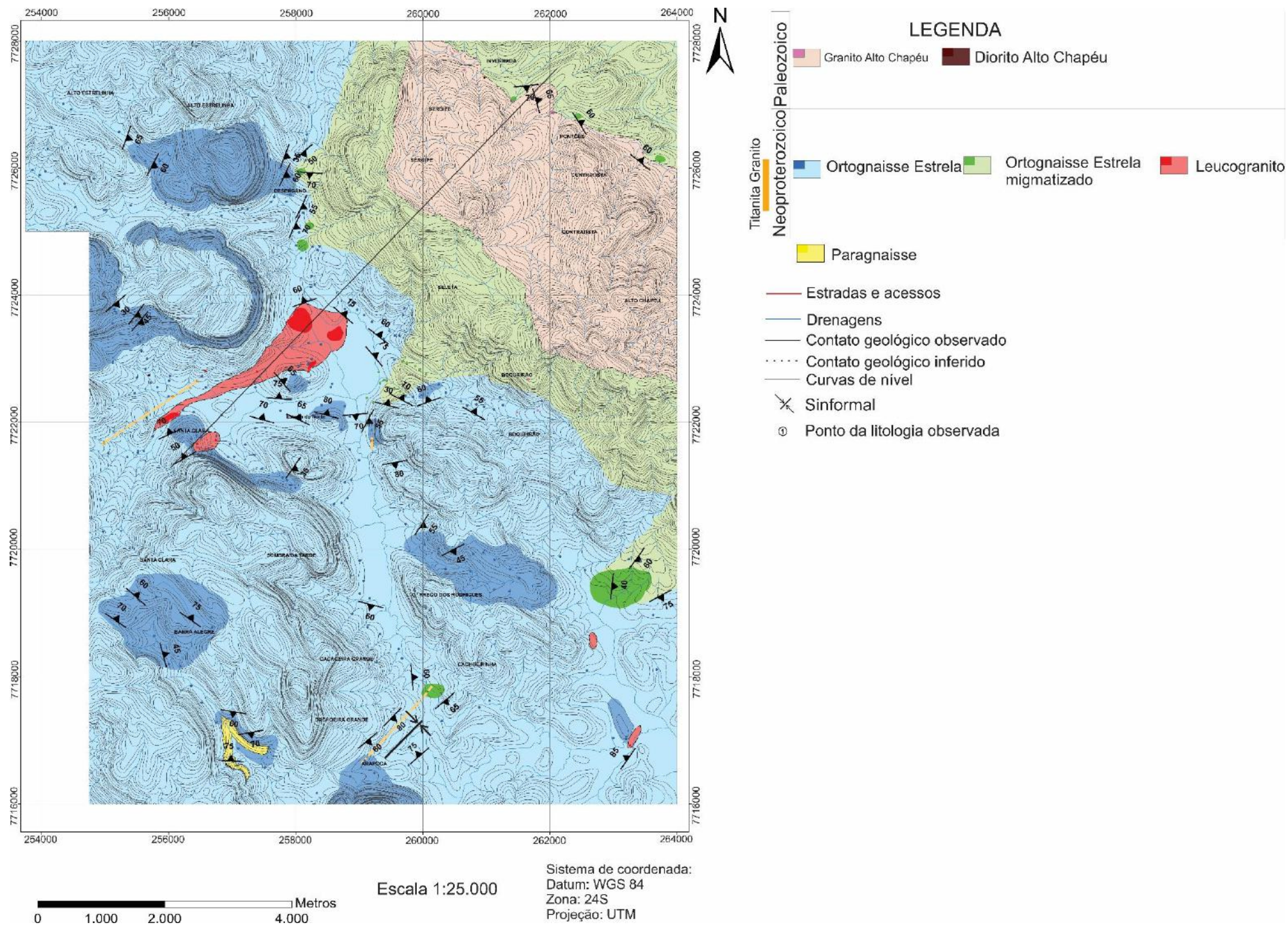


Figura 12 -Mapa da geológico da região mapeada



### 7.1. Paragnaisse

Esta litologia foi observada pontualmente na área de estudo. Em campo é encontrada como afloramentos em encostas. No mapa da figura 12, o paragnaisse tem sua ocorrência restrita a parte sudoeste. Embora sua distribuição seja local foi possível delimitar uma pequena área. O paragnaisse é uma rocha equigranular, de granulometria fina, com foliação dada pela orientação dos minerais máficos. Sua mineralogia é composta por biotita, feldspato, muscovita, granada e quartzo (Figura 13). Em relação às outras litologias da área mapeada, somente com o Ortognaisse Estrela foi observado contato brusco. (Figura 14).



Figura 13 - Foto que ilustra o aspecto textural do paragnaisse, evidenciando sua pequena proporção de minerais máficos, cristais de granulometria fina, foliação marcada pelos minerais máficos e presença de granada. ES-237



Figura 14 - Foto mostrando o contato brusco entre o paragnaisse indicado pela letra A e o ortognaisse Estrela indicado pela letra B. Ponto ES-237

Alguns blocos evidenciam que o paragnaisse sofreu fusão parcial, e observa-se concentração de granada no leucossoma e melanossoma (Figura 15). Também foram observadas dobras fechadas no paragnaisse (Figura 16).



Figura 15 - Bloco de Paragnaisse encontrado durante o mapeamento. No bloco é possível perceber que o paragnaisse sofreu processo de fusão parcial. Em campo identificou-se a porção leucossomática (A) e a porção melanocrática (B), além disso são vistos aglomerados de granada que são apontados pelas setas em amarelo e fazem parte da porção melanocrática. Ponto ES – 235.



Figura 16 - Afloramento de paragnaisse que apresenta dobras fechadas. As linhas amarelas marcam as dobras. Ponto ES - 235.



## 7.2. Ortognaisse Estrela

O ortognaisse Estrela pertence a Supersuíte pré-colisional G1 do orógeno Araçuai e está presente em quase toda a área de estudo. Essa unidade é representada por ortognaisses pontualmente migmatizados e em contato com as unidades Leucogranito, Titanita Granito e Granito Alto Chapéu. Com a primeira e a segunda, foi possível observar contatos nítidos, contudo com o Granito Alto Chapéu os contatos foram inferidos por não terem sido encontrados afloramentos que marcassem essa relação. No mapa da figura 12 é possível perceber que o Ortognaisse Estrela é a rocha de maior expressão na área mapeada. No mapa, o Estrela é representado pela cor azul, sendo o mais claro a parte inferida e a mais escura a parte mapeada, além da cor verde que indica o Ortognaisse Estrela migmatizado.

Em campo o Ortognaisse Estrela possui diversas formas de ocorrências com tamanhos variáveis. As feições observadas foram grandes morros no formato “Pão de Açúcar”, afloramentos em lajedos associado a depósito de tálus, cortes de barrancos e de estradas e depósito de tálus. Todas as formas de ocorrência podem ser observadas nas figuras 17, 18, 19, 20 e 21.



Figura 17 - Foto da paisagem da área mapeada, mostrando os morros tipo "Pão de açúcar" de Ortognaisse Estrela. Esses morros possuem altitudes que podem atingir centenas de metros evidenciados pelas curvas de nível do mapa da figura 12. Ponto ES – 54.



Figura 18 - Lajedo do Ortognaisse Estrela. A elevação onde se encontra o lajedo possui um tamanho em altura de centenas de metros e mostra uma feição de deslizamento que possibilitou a coleta de amostras frescas para petrografia. Ponto ES – 230.



Figura 19 - Lajedo associado com depósito de tálus. O lajedo da foto possui um tamanho de 20 metros de largura e os blocos associados possuem tamanho variando de decímetros a metros. Ponto ES - 223





Figura 20 - Depósito de tálus do Ortognaisse Estrela. Os blocos desse depósito de tálus ocorrem dispersos no campo aberto, com tamanhos variando entre 1 e 2 metros de tamanho. Ponto ES – 233.



Figura 21 - Corte em estrada mostrando o afloramento do Ortognaisse Estrela. Ponto ES-137

As características macroscópicas principais dessa litologia são o índice de cor (IC) variando de 20 a 35%, e mineralogia, observada a vista desarmada e com ajuda de lupa,



composta por quartzo, feldspato, biotita, anfibólio, magnetita, titanita e allanita. A rocha possui uma textura predominantemente inequigranular porfirítica possuindo como fenocristais os cristais de feldspato que medem de 2,5 a 7 centímetros e que correspondem em média a 20% a 30 % da rocha, aproximadamente. A matriz na qual esses fenocristais estão imersos é hipidiomórfica, possui granulação de fina a média e é composta por quartzo, feldspato, biotita, anfibólio, titanita, magnetita e allanita, epidoto e, quando muito alterada apresentava caulinita como mineral de alteração.

Ao observar a variação porfirítica, é possível identificar um plano de foliação da rocha bem marcado pela orientação dos cristais de biotita, anfibólio e também dos fenocristais de feldspato (figura 22). Esse plano possui *strike* variando entre NE-SW e NW-SE, enquanto o mergulho do mesmo varia entre as direções SSE - NNE, observando-se dobras pontualmente. Localmente o Ortognaisse Estrela apresenta-se isotrópico com granulação média, equigranular, hipidiomórfico e quando bastante alterada foi possível identificar caulinita como mineral de alteração como está ilustrado na Figura 23.



Figura 22 - Afloramentos de ortognaisse Estrela foliado mostrando como é encontrado na maior parte da área mapeada. Ponto ES - 225

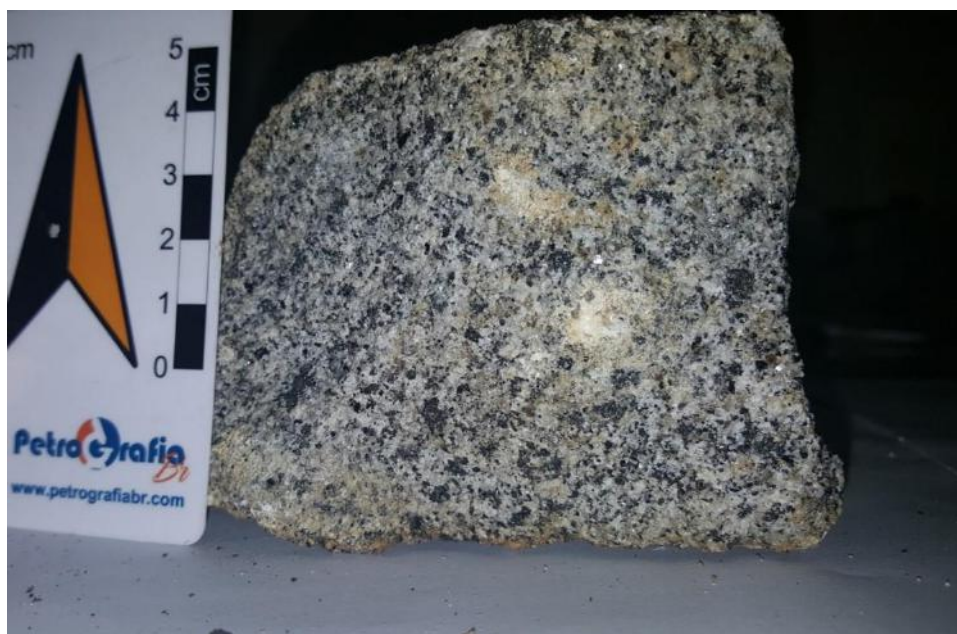


Figura 23 - Amostra de mão da variação faciológica equigranular do ortogneisse Estrela. Ponto ES-58.

A variação equigranular também foi observada associada com a variação porfirítica na forma de bolsões os quais apresentam quantidade de fenocristais muito inferior ao que se observa na rocha comumente ou ausência dos mesmos (Figura 24). Observa-se que em certos pontos o ortogneisse ainda tem preservadas características ígneas como foliação de fluxo e hábito dos fenocristais, pois em escala de afloramento pode-se identificar cristais de feldspato tabulares e amendoados em formato de *augen*, o que denuncia deformação na rocha estudada (figuras 25 e 26).



Figura 24 – Bolsão equigranular com quantidade de fenocristais bem inferior em relação a rocha no restante do bloco. O gnaiss mostra uma foliação dobrada que é truncada por uma parte equigranular, marcado pela linha laranja. Ponto ES-225.



Figura 25 – Afloramento de Ortognaiss Estrela porfirítico com foliação de fluxo preservada, evidenciada pelo formato tabular dos fenocristais. A direção da foliação de fluxo está marcada na imagem com a linha tracejada vermelha. Ponto ES – 241.





Figura 26 - Fenocristais de feldspato em afloramento. Em escala de afloramento pode-se observar que fenocristais com hábitos amendoados (círculo vermelho) e tabulares (círculo azul) coexistem, indicando feições ígneas preservadas ao lado de deformacionais. Ponto ES-80.

Na área estudada, o ortognaisse é cortado discordantemente por uma série de pegmatitos formados por feldspatos e quartzo de granulação grossa, principalmente, que variam de 10 a 20 centímetros de espessura, os quais localmente podem ocorrer com contatos sinuosos (Figura 27). Veios de quartzo com tamanhos que variam entre 5 e 20 centímetros em tamanho e também cortam esta litologia, podendo ocorrer falhados ou contínuos, além de se cortarem entre si (Figura 28).

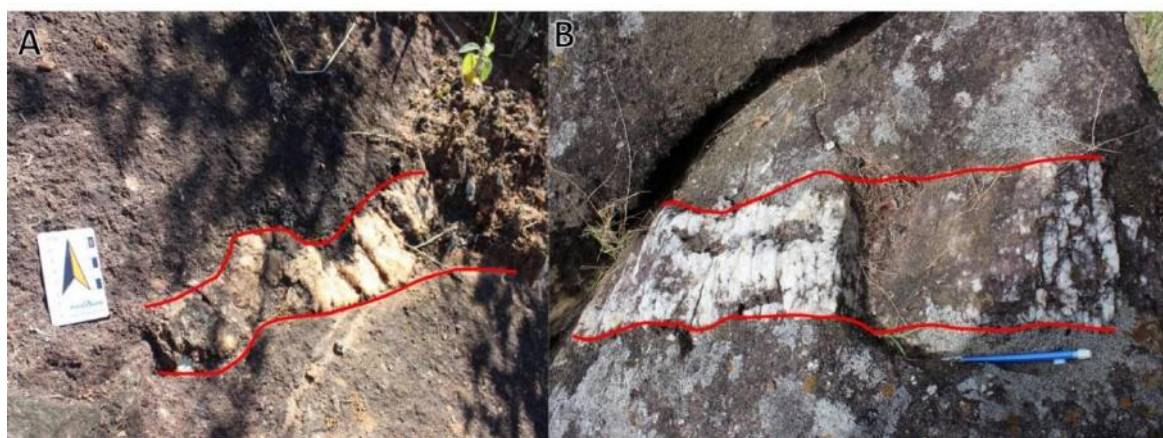


Figura 27 - Ocorrências de pegmatitos no campo. A e B são exemplares da relação de corte entre o Estrela e os pegmatitos. Pontos ES-51 e ES – 143, respectivamente.





Figura 28 – Quatro formas de ocorrências de veios de quartzo que cortam o Ortognaisse Estrela. A: Veio de quartzo dobrado, marcado em amarelo. Ponto ES-217; B: três famílias de veios de quartzo que mostram que existem veios pré e pós a deformação. O veio marcado pela linha vermelha foi o primeiro a se formar, seguido do marcado com a linha roxa e por fim o marcado com a linha laranja é o veio pós deformação. Ponto ES-161; C: veio de quartzo escalonado marcado em amarelo e as falhas estão marcadas em vermelho; D: Dois veios de quartzo vistos no afloramento. Ponto ES-233 O veio marcado com a cor vermelha está dobrado, enquanto que o marcado em azul é posterior ao evento deformacional. Ponto ES-217.

Enclaves mesocráticos estão associados ao Ortognaisse Estrela, os quais possuem formato elíptico com tamanho variando entre 4 a 8 centímetros, são mesocráticos, isotrópicos, de granulação fina (Figura 29). Contudo, por conta da erosão diferencial alguns enclaves já foram retirados e apenas pequenas cavidades ficam no gnaisse denunciando o local onde haviam estado (Figura 30).



Figura 29 – Enclaves mesocráticos inseridos no Ortognaisse Estrela. Os enclaves estão destacados pelos círculos vermelhos. Ponto ES-59.



Figura 30 – Buracos que evidenciam onde estariam os enclaves máficos que foram retirados do Ortognaisse Estrela pelos processos de erosão diferencial. A: afloramento de Ortognaisse Estrela com alguns enclaves já retirados pela erosão diferencial. Ponto ES – 058;

Analisando a deformação imposta ao Ortognaisse Estrela identificam-se várias feições que se repetem pela área mapeada, como a foliação dobrada por conta da presença de zonas de cisalhamento com movimentação dextral e sinistral, que por vezes são realçadas pelos fenocristais, como pode ser visto nas figuras 31 e 32.



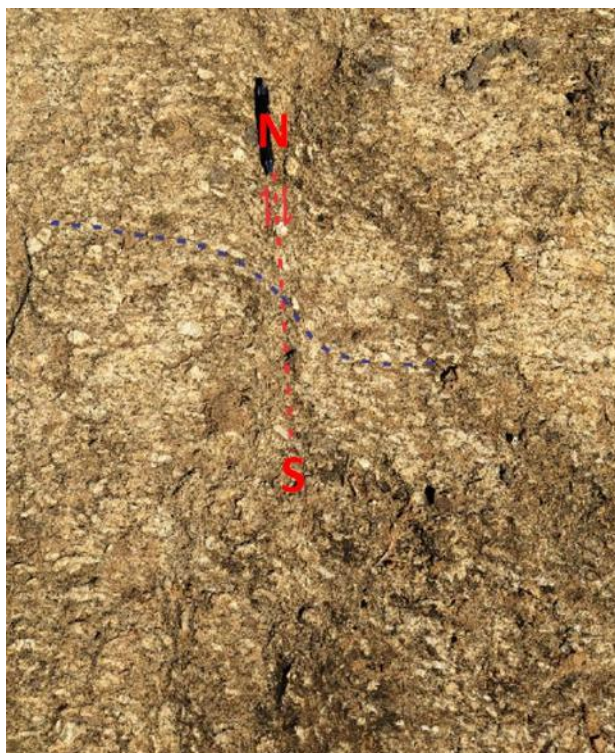


Figura 31 – Zona de cisalhamento dextral com orientação NW-SE no Ortognaisse Estrela. O tracejado azul marca o movimento da zona de cisalhamento. ES-217

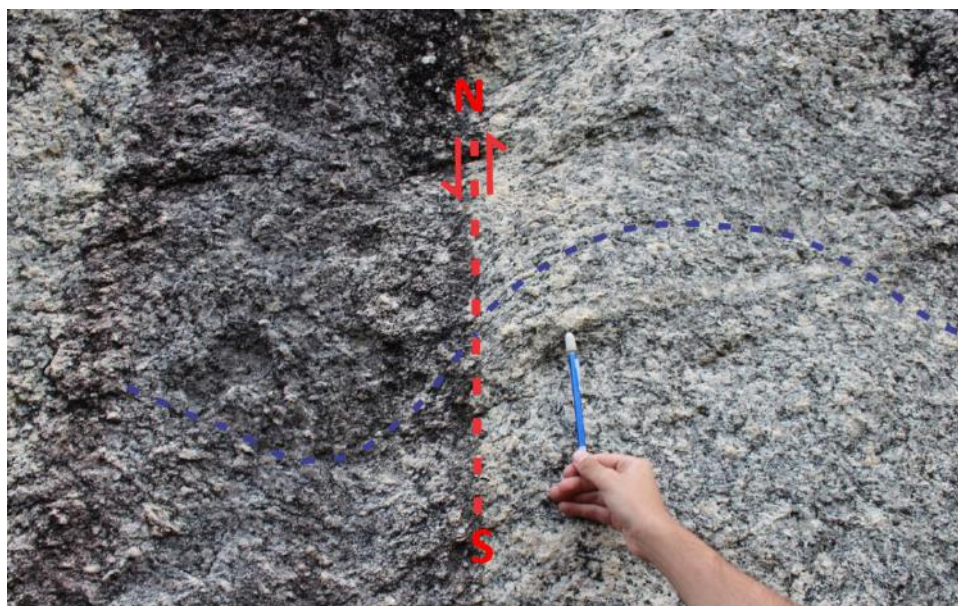


Figura 32 - Ocorrência de zona de cisalhamento com direção sinistral e orientação NNE-SSW inserida no ortognaisse Estrela. ES-14

Com o Titanita Granito o contato é abrupto e discordante com a foliação e em todos os pontos que foram identificados a relação de corte entre essas duas rochas. O Titanita Granito não apresenta deformação.

O contato entre o granito Alto Chapéu e o ortogneisse Estrela foi inferido no mapa, mas a relação entre essas duas litologias também é intrusiva, observa-se no mapa geológico da Figura 12 que a ocorrência do ortogneisse Estrela próximo ao contato com o plúton Alto Chapéu revela uma natureza migmatítica. Os migmatitos ocorrem na forma de lajedos medindo em torno de 10 a 15 metros de largura. Em campo observa-se leucossoma, mesossoma e melanossoma (Figura 33). O leucossoma desse migmatito é composto por quartzo e feldspato recristalizados que correspondem as fases mais félsicas da rocha pretérita. O melanossoma ou fase residual é composto pelas fases máficas e o mesossoma representa o protólito com filmes de fusão.

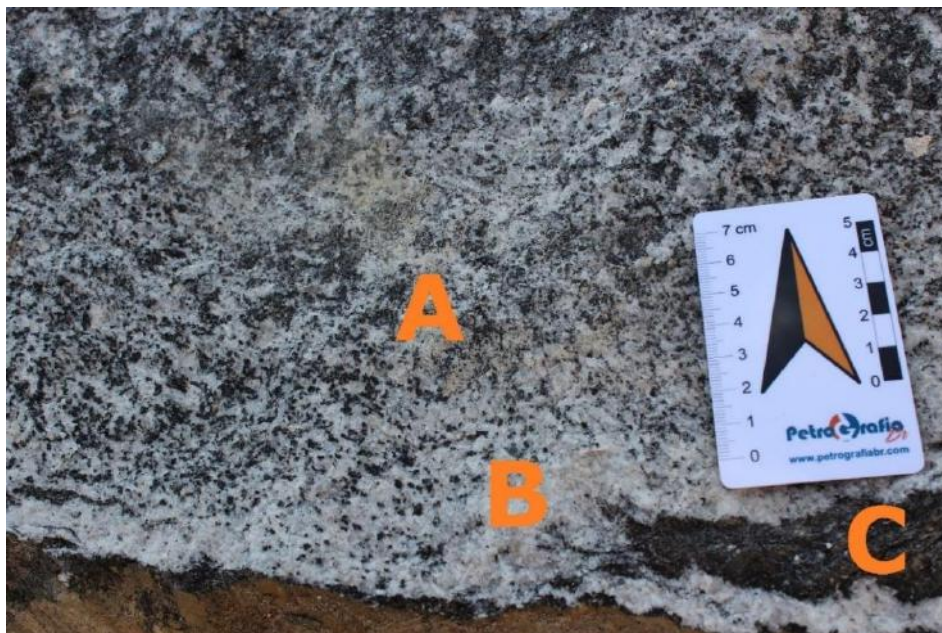


Figura 33 – Ortogneisse Estrela migmatizado mostrando as três feições de um migmatito: A – Mesossoma; B- Leucossoma; C – Melanossoma.

Como o líquido extraído durante a migmatização percorre caminhos não definidos, ocorre a formação de padrões de migmatitos distintos. Na área estudada os migmatitos que foram observados em campo apresentam padrões que se assemelham aos tipos *schöllen*, *estromática*, *schlieren* e *ptigmático* (Figura 34).



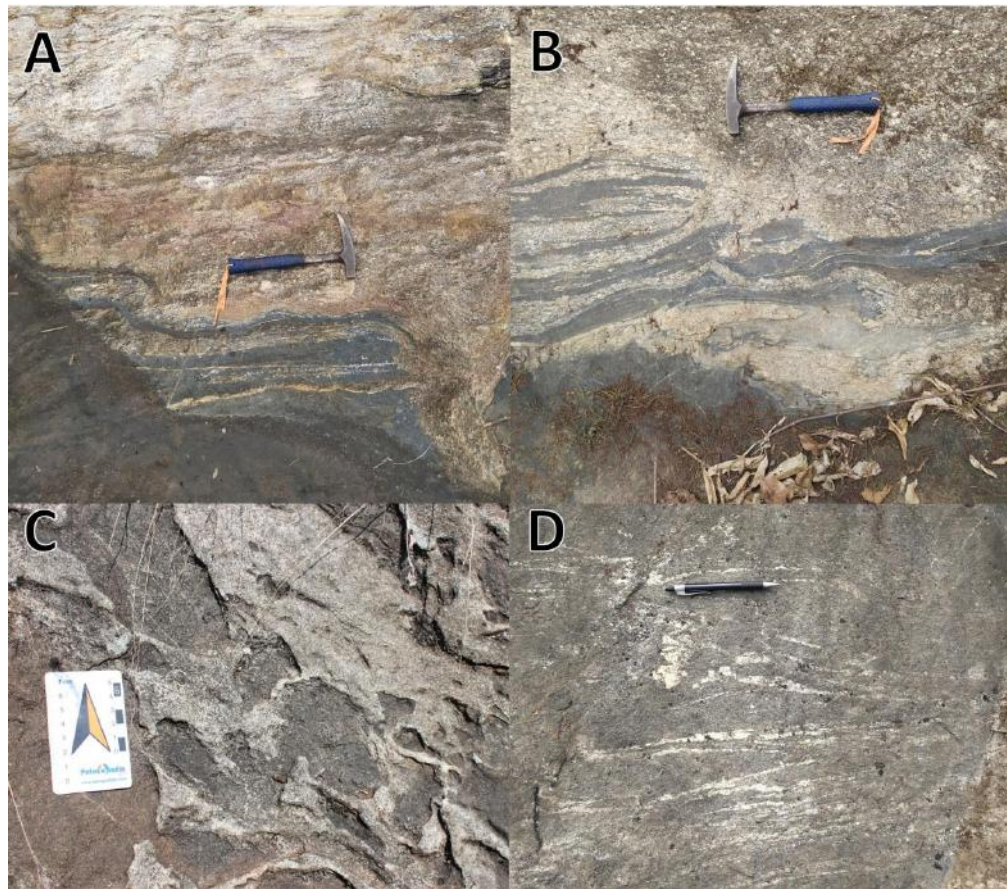


Figura 34 – Ortognaisse Estrela migmatizado mostrando diferentes tipos de padrões de migmatito. A: - Ortognaisse Estrela migmatizado com padrão estromáticas. Ponto ES-277; B: Ortognaisse Estrela migmatizado com padrão *schlieren*. Ponto ES-277; C: - Ortognaisse Estrela migmatizado com padrão *schollen*. Ponto ES-58; D: Ortognaisse Estrela migmatizado apresentando o padrão ptigmático. Ponto ES – 276.

Por fim, o contato entre o Ortognaisse Estrela e o Paragnaisse é brusco e localmente de reação. A presença pontual de granada no ortognaisse Estrela próximo ao contato com o paragnaisse permite interpretar que a granada representa mineral residual de xenólitos do paragnaisse assimilados. (Figura 35).



Figura 35 – Ortognaisse Estrela equigranular tendo a ocorrência de granadas como minerais acessórios da rocha. Ponto ES – 235.

### 7.3. Leucogranito

O Leucogranito é encontrado, em alguns pontos, na área mapeada em associação com o Ortognaisse Estrela. Esta litologia na área de estudo ocorre nas cotas mais baixas, como lentes na porção sudeste do mapa e como um corpo mais representativo na parte central da área mapeada. Sua forma de ocorrência é como blocos no campo, afloramento em lajedo e em uma pedreira na área de estudo (Figura 38).

O Leucogranito é uma rocha de coloração branca, hololeucocrática, com índice de cor variando entre 4% a 8%, composta de feldspato, quartzo e biotita, anfibólio e allanita, de granulação fina a média com tamanho variando entre 0,5 a 1,5 centímetros, com textura equigranular a inequigranular porfirítica com fenocristais de feldspato atingindo até 1,5cm imersos numa matriz média composta de feldspato, quartzo, biotita; allanita é o mineral acessório identificado a olho nu (Figura 36). Como mineralogia secundária observa-se caulinita como produto de alteração dos feldspatos. Localmente esta rocha mostra-se levemente foliada por orientação de minerais máficos.





Figura 36 - Amostra de mão da variação equigranular do Leucogranito. Essa amostra destaca principalmente o baixo índice de cor da rocha, característica diagnóstica durante o mapeamento. ES - 057.

Em relação ao Ortognaisse Estrela, o Leucogranito apresenta contato brusco e a relação intrusiva entre eles é evidente pela ocorrência de enclaves do Estrela no leucogranito e em apenas um ponto esse contato foi marcado pela concentração de allanita (Figura 37 e 39). Assim como observado no Estrela, o Leucogranito apresenta pegmatitos compostos por quartzo e feldspato de granulação grossa e espessura variando de 10 a 15 centímetros que cortam discordantemente essa litologia (Figura 38).



Figura 37 - Contato entre o Ortognaisse Estrela e o Leucogranito sendo marcado pela concentração de allanita. A seta vermelha aponta essa concentração. Ponto ES-04.

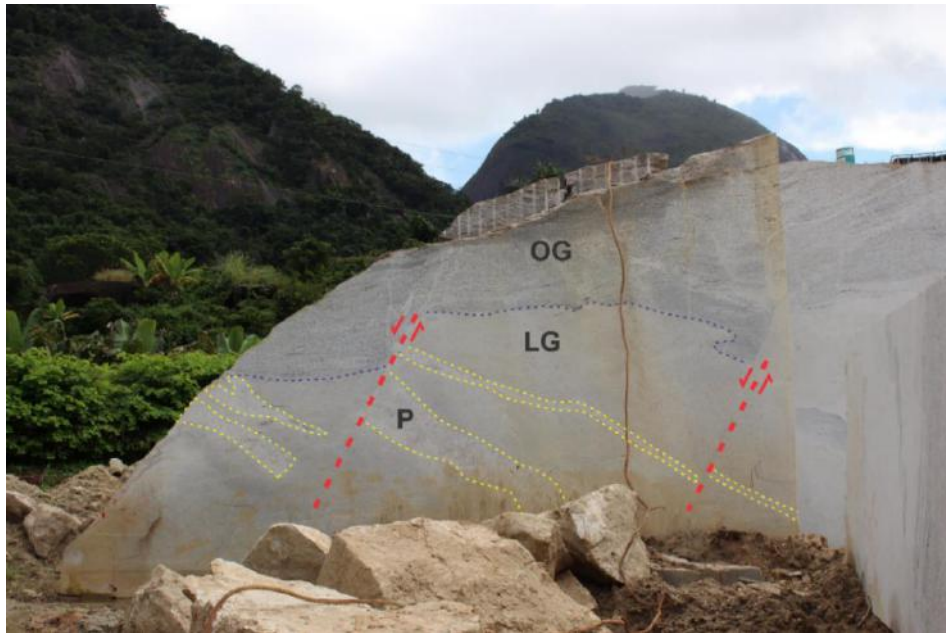


Figura 38 - Grandes blocos de leucogranito em pedreira. É possível observar o contato brusco entre o ortogneisse Estrela (OG) e o leucogranito (LG), marcado pelo tracejado azul; as falhas normais estão marcadas em vermelho e os pegmatitos (P) encontram-se destacados em amarelo. Os rejeitos das falhas são de 40 centímetros. Ponto ES-04

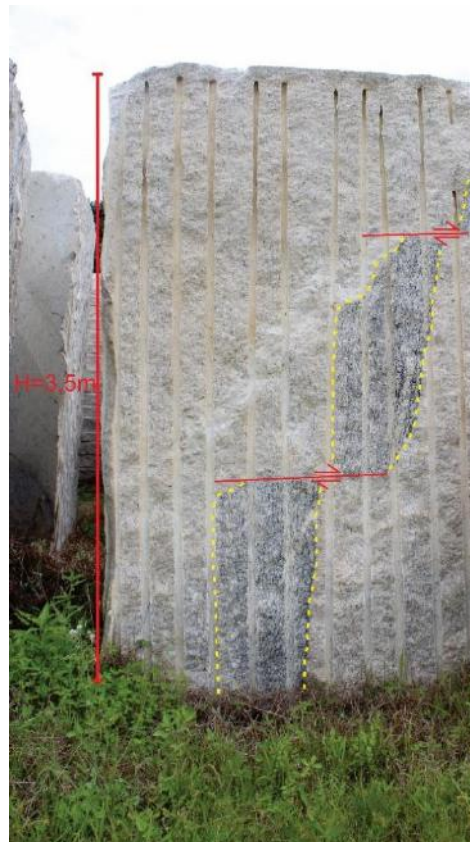


Figura 39 - Enclave falhado do Ortogneisse Estrela no Leucogranito, evidenciando o contato intrusivo entre eles. Ponto ES-04.

#### 7.4. Titanita Granito

Em campo essa rocha ocorre em blocos orientados e também na forma de diques com tamanhos variados (30cm a 2 metros) e orientação preferencial NNE-SSW. No mapa da figura 12, essa litologia é representada por linhas retas tracejadas, o que indica que sua ocorrência foi inferida na área de estudo. O Titanita Granito é uma rocha leucocrática com o índice de cor variando de 20% a 30%, granulação fina a média, isotrópica e inequigranular, com os cristais medindo por volta de 0,5 mm. Sua mineralogia principal é composta por feldspato, quartzo, biotita e anfibólio. A mineralogia acessória é composta por titanita e magnetita; a secundária é representada por caulinita (alteração dos feldspatos) (Figura 40). O contato entre essa litologia e o ortogneisse é intrusivo e brusco (Figura 41).



Figura 40 - Amostra de mão do titanita granito. É possível ver na imagem as principais características dessa rocha como índice de cor, granulação e textura.



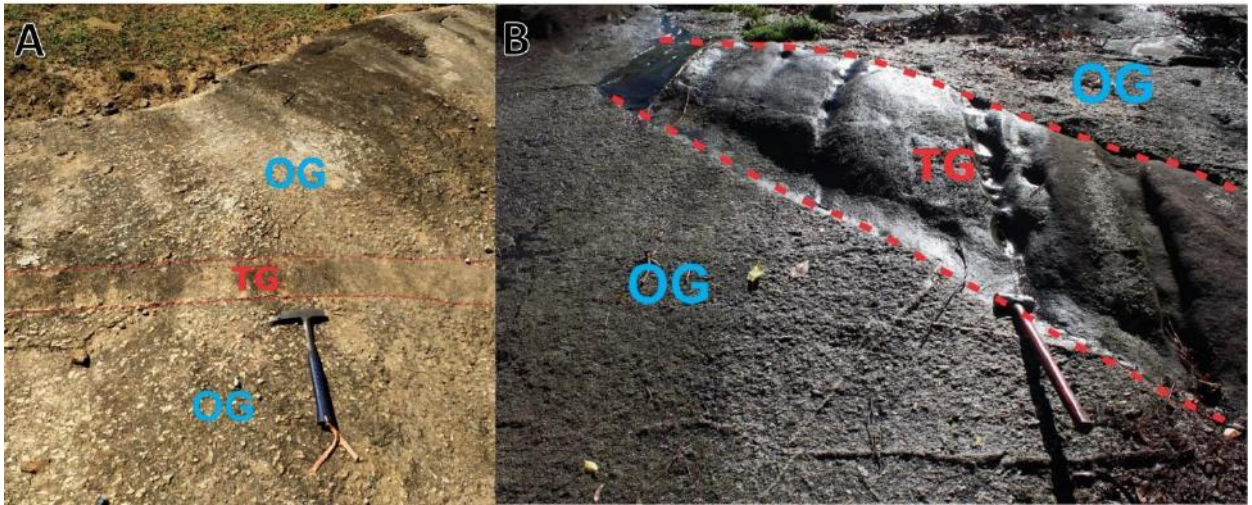


Figura 41 - Relação de corte entre o ortognaisse Estrela (OG) e o titanita granito (TG) nos lajedos observados em campo. A: linha vermelha tracejada destaca o contato brusco entre as duas litologias. A: Dique de titanita granito com espessura de 20 centímetros. Ponto ES – 217; B: Dique de Titanita Granito com espessura de 60 centímetros. Ponto ES – 161.

### 7.5. Diorito Alto Chapéu

O Diorito Alto Chapéu também pertence à supersuíte G5 e sua ocorrência na área de estudo é na forma de blocos que medem em torno de 50 a 60 centímetros. No mapa da figura 12, não se tem uma delimitação de um corpo definido, pois sua distribuição na área de estudo é muito local isso inviabiliza a inferência. Como características macroscópicas observa-se uma rocha melanocrática com índice de cor em torno de 60%, granulação fina, isotrópica e equigranular (Figura 42). A mineralogia principal dessa rocha é composta por feldspato, anfibólio, biotita e a acessória por magnetita.



Figura 42 - Amostra de mão do diorito Alto Chapéu mostrando as principais características da rocha como índice de cor, granulação e textura.

Em relação às demais litologias, o Diorito Alto Chapéu se relaciona com o granito Alto Chapéu, visto que em um dos pontos visitados o diorito apresenta xenocristais de k-feldspato (Figura 43) e também observa-se enclaves do diorito no Granito Alto Chapéu, o que evidencia uma possível relação de mistura mecânica de magma (Figura 44) . O Diorito Alto Chapéu ocorre somente a norte da área estudada.

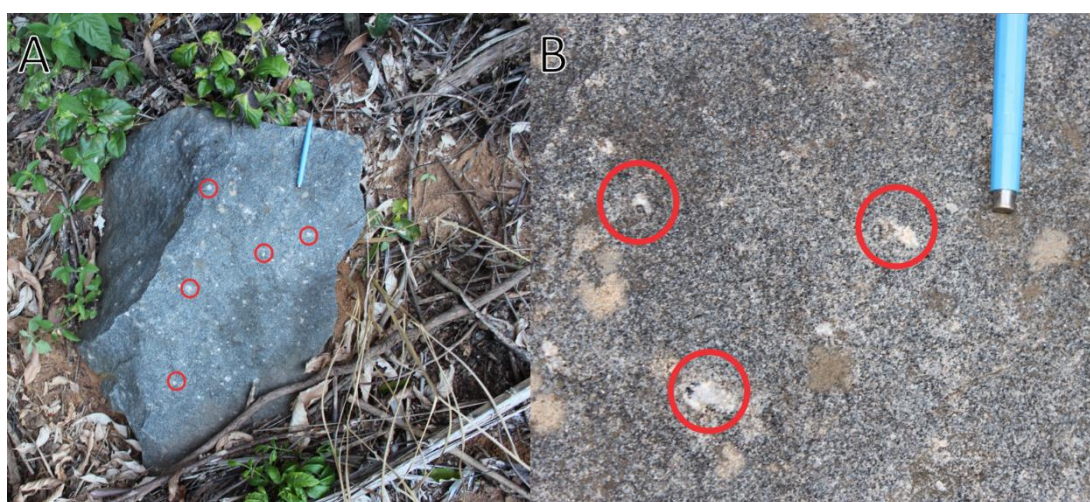


Figura 43 – Bloco de Diorito Alto Chapéu A: Bloco de Diorito Alto Chapéu com xenocristais de K-feldspato marcados com os círculos vermelhos; B: Detalhe dos xenocristais presentes na rocha. Ponto ES - 020





Figura 44 - Bloco centimétrico destacando enclaves do diorito (destacados em vermelho) no Granito Alto Chapéu. Ponto ES - 020.

### 7.6. Granito Alto Chapéu

Essa rocha ocorre como blocos com tamanho variando de centímetros a metros e assim como o diorito Alto Chapéu, faz parte da supersuíte G5. No mapa da figura 12, pode-se perceber que é um corpo que ocupa uma boa parte da área nordeste do mapa, sendo interpretado como um corpo intrusivo. Como características macroscópicas observa-se índice de cor variando de 10% a 20%, textura inequigranular porfirítica com fenocristais de k-feldspato variando de róseos a brancos, medindo entre 3,0 e 4,0 centímetros, sendo eles 40% da rocha em média. Esses fenocristais estão imersos em uma matriz fina composta de feldspato, quartzo, biotita e magnetita. Além disso, a textura cumulática está presente pontualmente nessa rocha, restringindo-se à variação menos comum do Granito Alto Chapéu com k-feldspato de coloração branca (Figura 45).



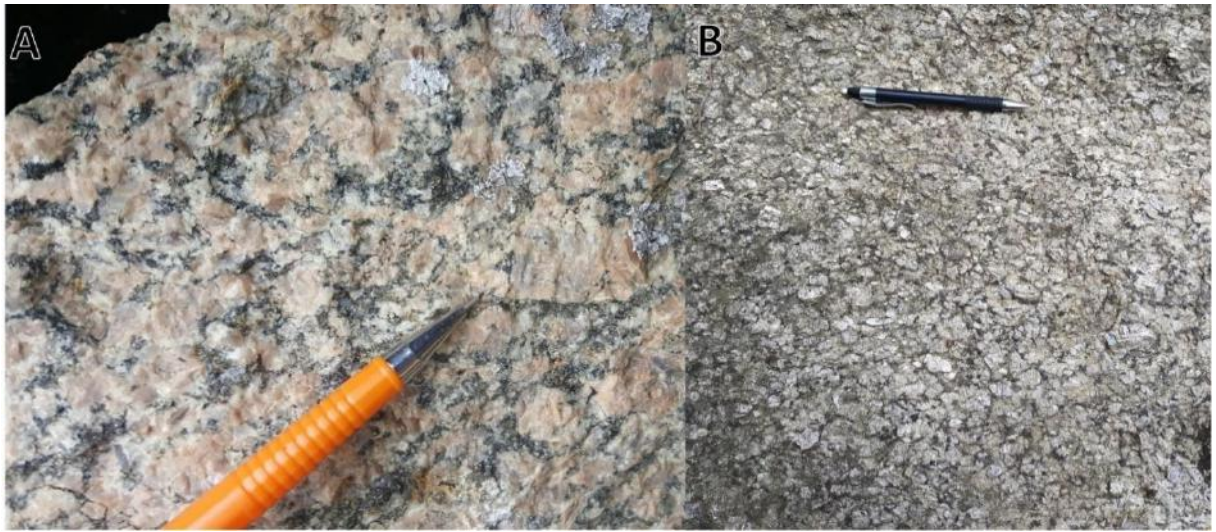


Figura 45 – Variação da coloração do K-feldspato presente no Granito Alto Chapéu. A: variação mais comum do Granito Alto Chapéu com o K-feldspato com coloração rósea. Ponto ES – 096; B: Variação menos de comum de se achar em campo do granito Alto Chapéu, com o k-feldspato com coloração branca. Destaca-se nessa figura a textura cumulática, sendo o cumulus composto pelos fenocristais de k feldspato e o intercumulus por minerais máficos. Ponto ES – 259.

No Granito Alto Chapéu é possível encontrar, localmente, enclaves de granito mais fino com índice de cor entre 10% - 15%, isotrópico, hipidiomórfico e composto por quartzo, feldspatos e biotita. (Figura 46).



Figura 46 -Enclave de um granito mais fino indicado pela linha tracejada vermelha inserido no granito Alto Chapéu . Ponto ES-257.

## **8. GEOLOGIA ESTRUTURAL PRELIMINAR**

O ortogneisse Estrela na área mapeada apresenta uma foliação tectônica denominada  $S_n$  que foi gerada a partir da deformação  $D_n$  imposta pelos eventos orogênicos do evento Pan Africano-Brasiliano. Esse evento pode ter gerado no Ortogneisse Estrela estruturas dúcteis como dobras que estão marcadas no mapa presente no anexo 1 desse trabalho.

### **8.1. FASE $D_n$**

A fase de deformação  $D_n$  foi a responsável por gerar a foliação  $S_n$  observada no ortogneisse Estrela na área mapeada. Essa foliação possui o plano médio de 120/56 variando preferencialmente nas direções NE-SW (Figura 47).

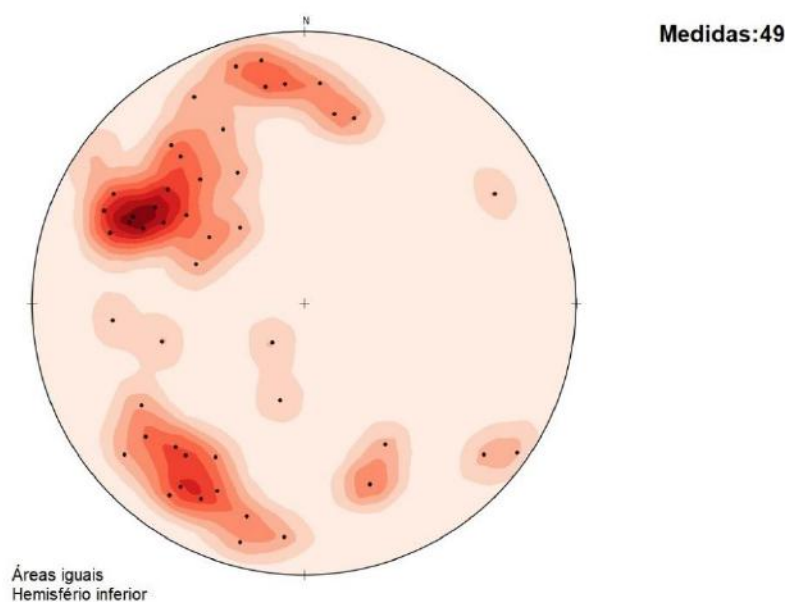


Figura 47 - Estereograma de polos e densidade polos com as medidas feitas em campo da foliação.

As rochas que foram afetadas por essa fase de deformação têm a foliação marcada pela orientação da biotita, anfibólio e também pelos fenocristais de plagioclásio. Com o objetivo observar as medidas e delas retirar padrões uma divisão foi feita por quadrantes da área mapeada e deles retirados uma medida média dada pelo software utilizado. Na tabela 5 encontram-se a subdivisão dos quadrantes e as medidas médias e na figura 48 mostra o mapa e a divisão dos quadrantes. Os estereogramas gerados podem ser vistos nas figuras 49, 50, 51 e 52.

Tabela 5 - Divisão em quadrantes a partir das coordenadas do mapa da região

Quadrante	Coordenada X	Coordenada Y	Medidas médias
1° quadrante	258000 – 264000	7722000 - 7728000	27/62
2° quadrante	258000 - 264000	7716000 - 7722000	142/62
3° quadrante	252000 - 258000	7716000 - 7722000	35/69
4° quadrante	252000 - 258000	7722000 - 7728000	114/62





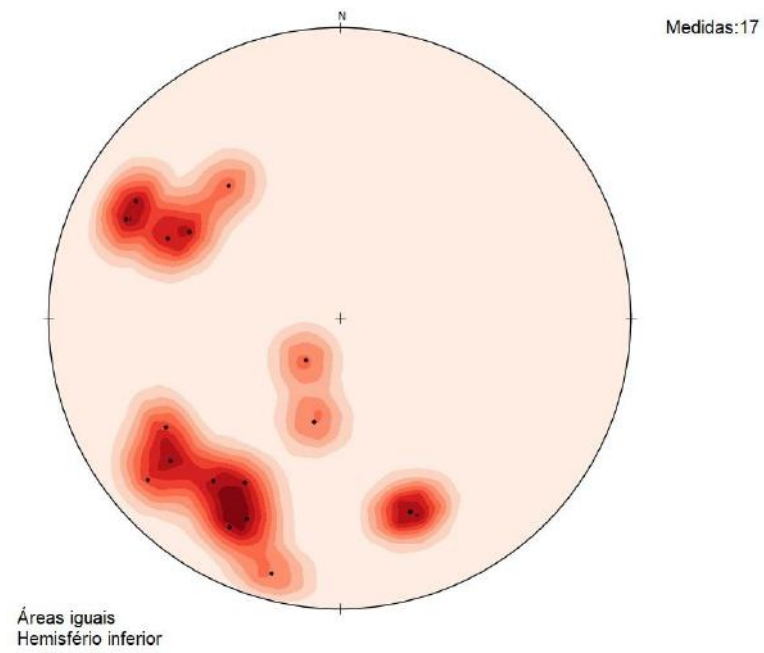


Figura 49 – Estereograma de polos e contornos do 1º quadrante do mapa.

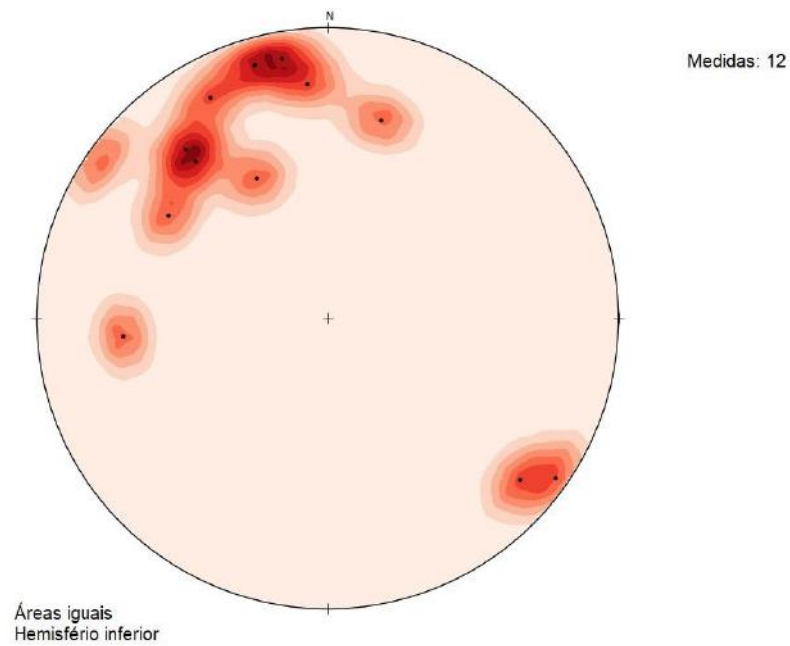


Figura 50 - Estereograma de polos e contornos do 2º quadrante do mapa.

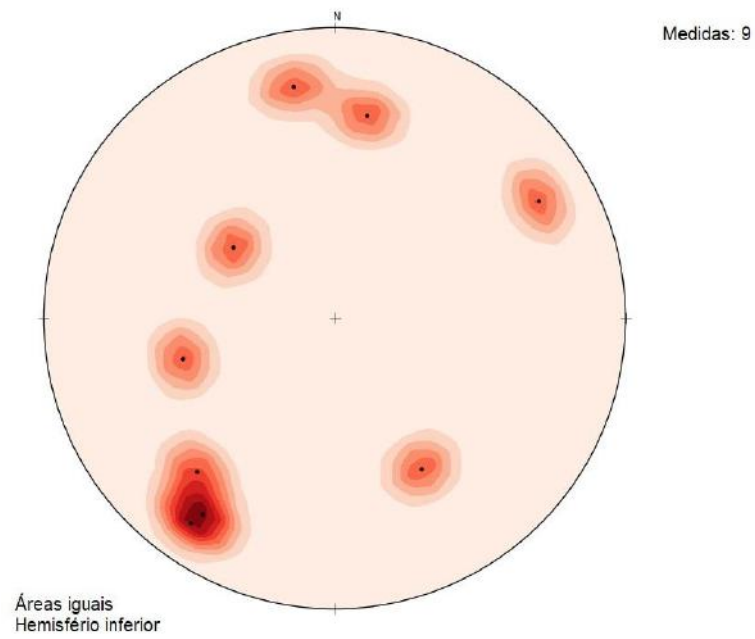


Figura 51 - Estereograma de polos e contornos do 3º quadrante do mapa.

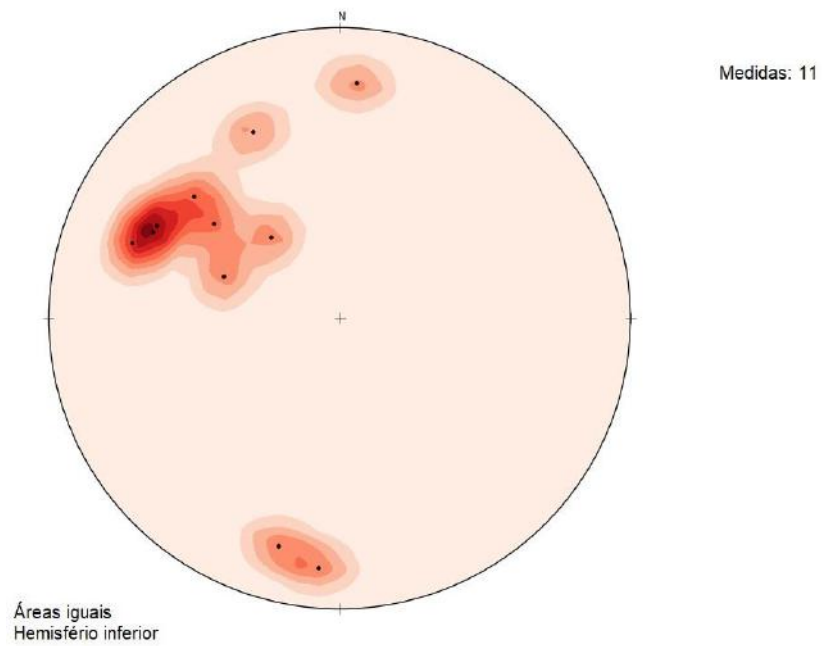


Figura 52 - Estereograma de polos e contornos do 4º quadrante do mapa.

## **9. PETROGRAFIA**

Neste tópico serão apresentadas as características microscópicas das rochas identificadas durante o mapeamento. Para o estudo dessas rochas foram analisadas 36 lâminas petrográficas que englobam as seguintes litologias: 1- Ortognaisse Estrela; 2- leucogranito; 3- diorito Alto Chapéu; 4- granito Alto Chapéu; 5 – Titanita Granito.

### **9.1. Ortognaisse Estrela**

Foram estudadas 28 lâminas petrográficas de Ortognaisse Estrela e sua classificação é predominantemente tonalito e granodiorito, havendo também como monzogranito e quartzo monzonito (Figura 53). A tabela 6 apresenta a relação das lâminas e a contagem modal dos minerais identificados, além da classificação da rocha.

Tabela 6 - Tabela com as contagens modais das amostras analisadas de ortognaisse Estrela na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zircão; Clo: clorita; Src: sericita; Ept: Epidoto; NC: não contado

	MINERAIS													
Amostras	Plg	Qtz	Mcl	Btt	Hbl	Apt	All	Tit	Opc	Zrc	Clo	Src	Ept	Outros
ES-01	50,20%	25,10%	13,30%	7,50%	0,80%	0,20%	NC	NC	1,30%	0,10%	NC	1,50%	NC	0%
ES-02	29,90%	30,20%	24,10%	9%	4,50%	0,20%	0,20%	0,20%	0,50%	0,20%	NC	0,20%	NC	0,8%
ES-03	41,20%	30,30%	0,60%	16,30%	7,30%	1%	0,30%	1%	1,30%	0,20%	NC	NC	NC	0,5%
ES-05	40,80%	32,70%	NC	18,30%	2,20%	0,30%	0,30%	1,10%	3,50%	0,20%	NC	0,10%	NC	0,5%
ES-06	41,30%	38,10%	1%	12,70%	4,50%	0,30%	NC	0,60%	0,20%	0,10%	NC	0,50%	NC	0,7%
ES-11	17,70%	43,80%	31,90%	5,30%	0,20%	-	-	0,10%	0,20%	0,40%	-	-	NC	0,4%
ES- 12	35,20%	32,50%	11,00%	13,20%	6,60%	0,10%	0,00%	1,30%	0,10%	NC	NC	NC	NC	0%
ES-14A	40,60%	30,00%	20,60%	5,60%	2,40%	0,50%	NC	NC	0,10%	NC	NC	NC	NC	0,2%
ES - 14B	41,50%	31,10%	13,60%	9,10%	1,40%	NC	NC	3,00%	NC	NC	NC	NC	NC	0,3%
ES-15A	30,10%	45,00%	NC	13,30%	9,80%	NC	NC	0,50%	0,70%	0,30%	NC	NC	NC	0,3%
ES-16	42,80%	27,10%	3,00%	19,20%	2,70%	NC	0,10%	2,20%	1,00%	1,00%	0,10%	0,50%	NC	0,3%
ES-19A	37,30%	35,80%	3,90%	10,50%	10,60%	NC	NC	0,50%	0,80%	NC	NC	NC	0,6%	0%
ES- 19B	42,20%	18,30%	0,40%	21,20%	17,40%	NC	NC	0,10%	NC	0,10%	NC	NC	NC	0,3%
ES-30E	63%	17,7%	3,50%	13,60%	1,30%	NC	NC	NC	0,30%	NC	NC	0,10%	NC	0,5%
ES-33A	48,80%	24,40%	8,60%	13,50%	3,40%	NC	NC	0,60%	0,10%	0,20%	NC	NC	0,1%	0,3%
ES-33B	46,70%	25,80%	7,10%	12,70%	7,00%	NC	NC	0,50%	0,20%	NC	NC	NC	NC	0%
ES-48A	49,80%	23,70%	3,30%	15,70%	5,30%	NC	0,10%	0,50%	1,00%	0,20%	NC	NC	NC	0,4%
ES-48B	65,10%	25,00%	2,30%	6,10%	1,00%	0,10%	NC	NC	0,20%	0,20%	NC	NC	NC	0%
ES-49	43,60%	29,50%	0,90%	7,60%	17,30%	NC	NC	0,90%	NC	NC	NC	NC	NC	0,2%
ES-53A	40,20%	38,20%	2,60%	8,60%	7,10%	NC	NC	0,50%	1,70%	0,50%	0,10%	NC	NC	0,5%
ES-53B	48,50%	17,20%	11,50%	12,60%	9,50%	0,00%	NC	0,20%	0,30%	NC	NC	NC	NC	0,2%
ES-93B	33,00%	11,70%	21,2%	21,90%	7,50%	NC	NC	3,60%	0,60%	0,10%	NC	NC	NC	0,4%
ES-118A	37,20%	9,20%	NC	21,30%	29,30%	0,20%	NC	0,90%	NC	1,00%	NC	NC	NC	0,9%
ES-137	40,40%	44,40%	1,80%	11,00%	2,20%	NC	NC	NC	NC	0,20%	NC	NC	NC	0%
ES-144C	33,20%	38,60%	14,20%	13,50%	NC	NC	NC	0,10%	0,40%	NC	NC	NC	NC	0%
ES-178A	37,60%	17,70%	37,60%	3,70%	2,50%	NC	0,20%	NC	0,60%	0,10%	NC	NC	NC	0%
ES-178B	31,40%	43,80%	3,60%	13,60%	6,60%	NC	NC	0,20%	NC	0,80%	NC	NC	NC	0%
ES-201	38,10%	24,70%	24,60%	11,10%	1,20%	NC	NC	0,10%	0,20%	NC	NC	NC	NC	0%
ES-230	61,20%	9,30%	5,80%	12,10%	10,60%	NC	NC	0,10%	0,30%	0,10%	NC	NC	NC	0,5%



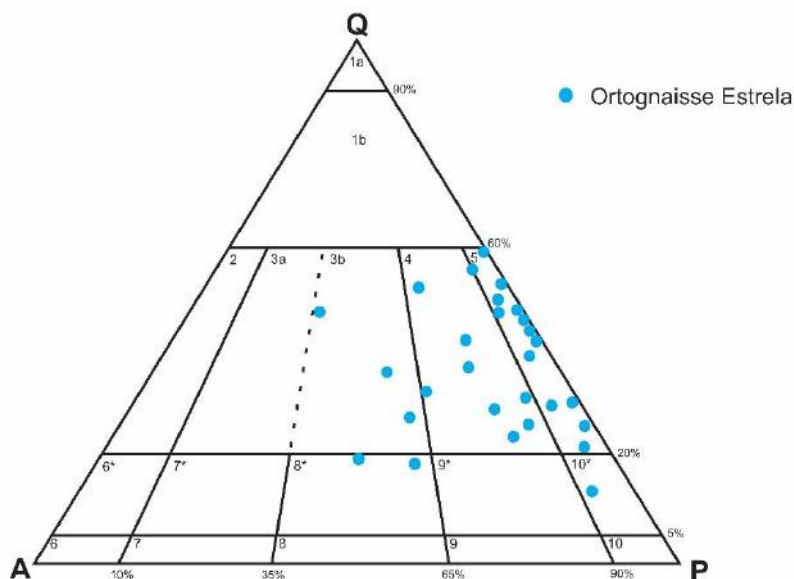


Figura 53 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Ortognaisse Estrela. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6\* - Quartzo-álcali-feldspato sienito; 7\* - Quartzo sienito; 8\* - Quartzo monzonito; 9\* - Quartzo monzodiorito; 10\* - Quartzo diorito/Quartzo gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro.

O ortognaisse Estrela, em lâmina petrográfica, possui índice de cor classificado como leucocrático tendo a porcentagem de minerais máficos variando entre 15% a 40%, e possui textura hipidiomórfica, inequigranular a inequigranular porfirítica (Figuras 54 e 55). Na variação porfirítica, os fenocristais de plagioclásio apresentam granulação grossa e a matriz com granulação de fina a média sendo composta por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, magnetita, zircão, apatita, epidoto e allanita. Os minerais de alteração que compõem a rocha são clorita, sericita, carbonato e caulinita. Em algumas lâminas observa-se filme de fusão como evidência de feição de fusão parcial, além de texturas associadas à recristalização mineral. Nas lâminas que apresentam textura associada à fusão da rocha, é possível identificar os fenocristais de plagioclásio orientados juntamente com os minerais máficos e alguns grãos de microclina e quartzo, que apresentam granulação mais fina em relação à parte na qual os minerais não tem orientação preferencial (Figura 56).

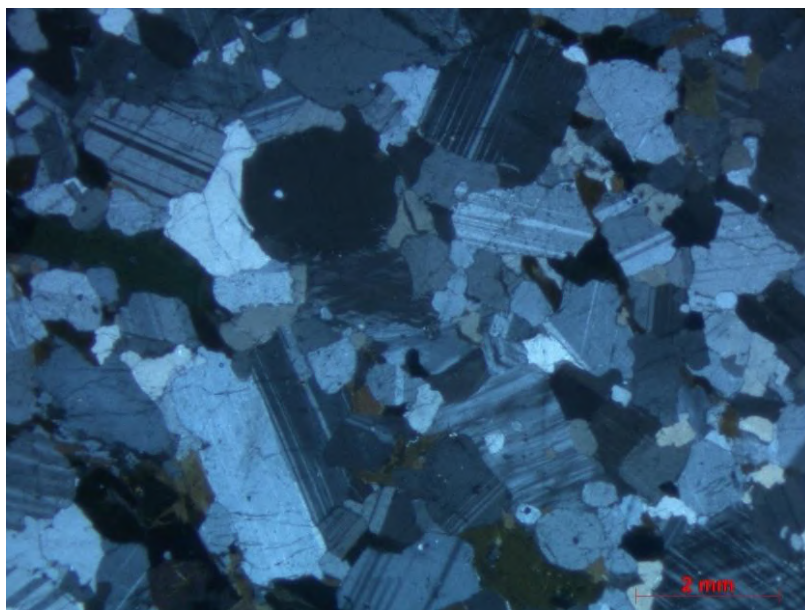


Figura 54 – Fotomicrografia, a nicóis cruzados, da variação inequigranular do Ortognaisse Estrela, com cristais maiores de plagioclásio. Além do plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, hornblenda e minerais opacos são identificados. Observa-se que os cristais de plagioclásio exibem hábito tabular preservando uma textura primária.

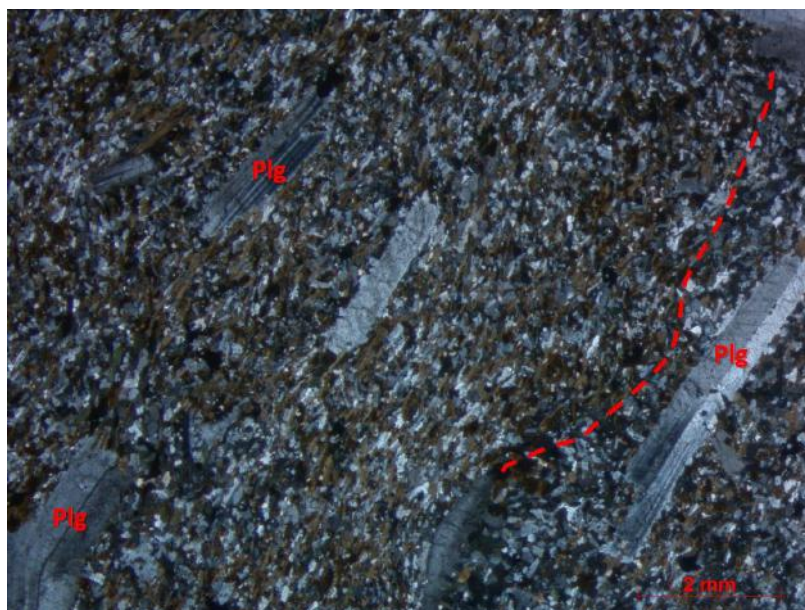


Figura 55 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, da variação inequigranular porfírica do Ortognaisse Estrela. Na imagem é possível ver a foliação marcada pelos minerais máficos (biotita) e pelos fenocristais. Além disso, pode-se observar que a linha tracejada vermelha separa a parte foliada de uma porção da rocha sem orientação evidente dos minerais e de maior granulação, que pode ser devido a fenômenos de fusão parcial.

Também observam-se filmes de fusão constituídos por quartzo e microclina recristalizados, com contatos retilíneos e granulação grossa em relação ao restante da rocha (Figura 57).

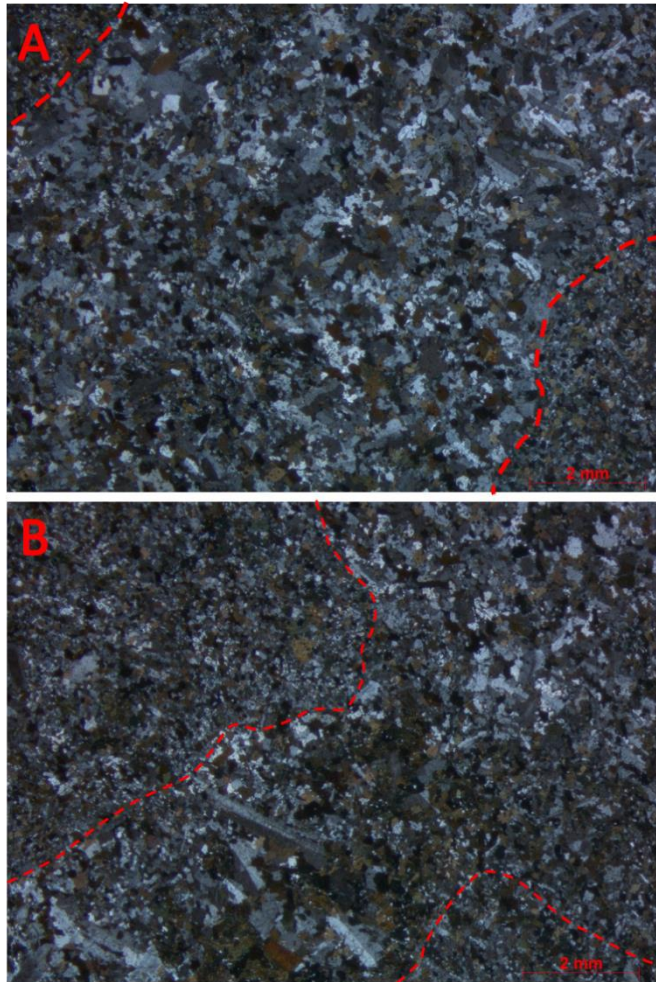


Figura 56 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de evidências de fusão e recristalização. A: é possível perceber que na porção entre as linhas tracejadas a granulação da rocha é maior e não há orientação dos minerais, podendo corresponder ao mesossoma; B: Vê-se nesta imagem que entre as linhas tracejadas os fenocristais de plagioclásio estão preservados, contrastando texturalmente com as áreas demarcadas.



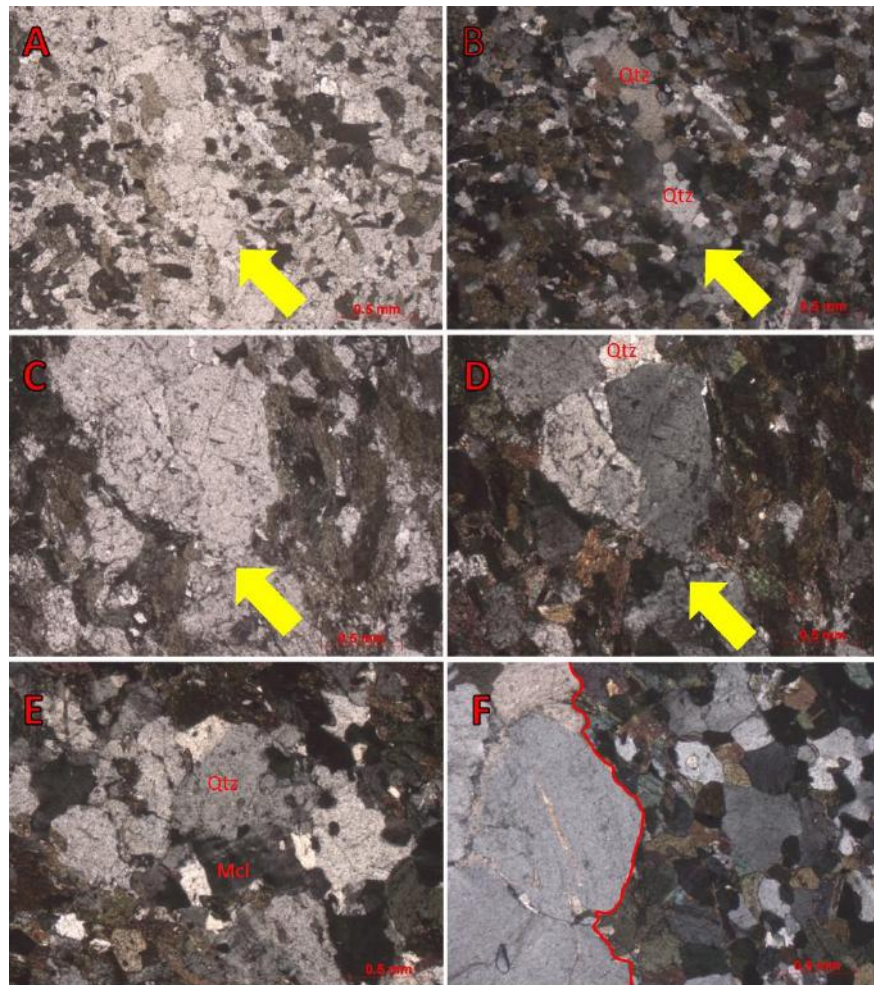


Figura 57 - Filmes de fusão no Ortognaisse Estrela. A: Filme de fusão a nicois descruzados, sendo destacado pela seta amarela; B Filme de fusão a nicois cruzados e assinalado pela seta amarela. É possível identificar que o filme de fusão é formado principalmente por quartzo (Qtz); C: Filme de fusão a nicois descruzados sendo destacado pela seta amarela; D:filme de fusão a nicois cruzados; E: Filme de fusão, constituído por quartzo (Qtz) e por microclina (Mcl); F: Linha vermelha marca o limite entre restito (à direita) e filme de fusão recristalizado (à esquerda).

O plagioclásio possui composição variando de  $An_{30-40}$  (Andesina), ocorre na matriz possuindo tamanhos de 0,5 mm até 3,0 mm e na forma de fenocristais, os quais apresentam tamanhos que podem chegar até 7 mm. Os cristais de plagioclásio possuem hábito tabular, euédricos, com contatos retilíneos com os minerais ao seu entorno indicando a preservação das texturas ígneas primárias, mas também ocorrem como cristais subédricos, podendo estar fraturado e apresentando contatos sinuosos com o restante da mineralogia da rocha (Figura 58). Como inclusões no plagioclásio foram possíveis identificar cristais de zircão, apatita, além de pequenos cristais de biotita (Figura 59).

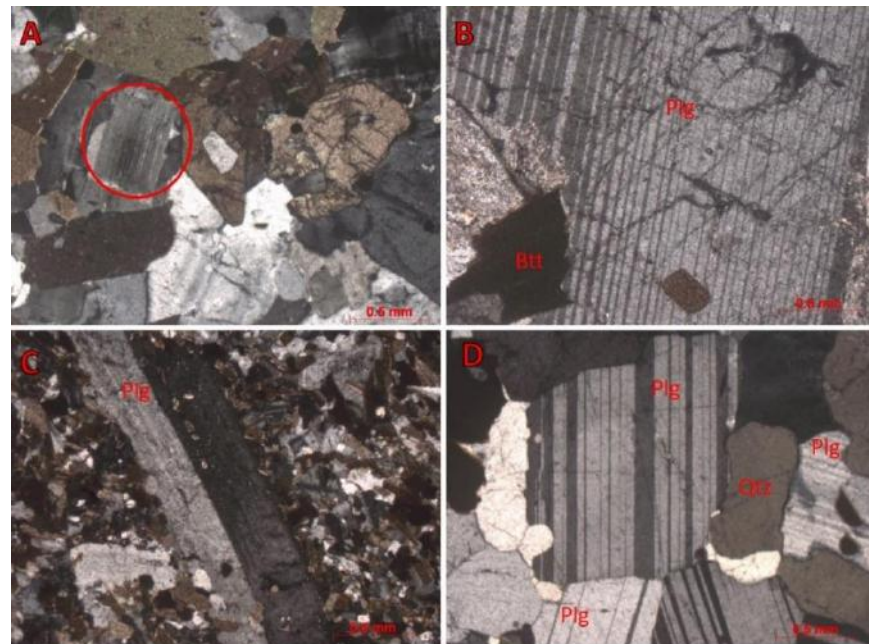


Figura 58 - Formas de ocorrência do plagioclásio no Ortognaisse Estrela. A: textura ígnea preservada, evidenciada pelos contatos retos do cristal de plagioclásio e pelo seu hábito tabular; B: Cristal de plagioclásio fraturado; C: fenocristal de plagioclásio tabular; D: Ocorrência de cristais subédricos de plagioclásio com contatos sinuosos que ocorrem na matriz da rocha.

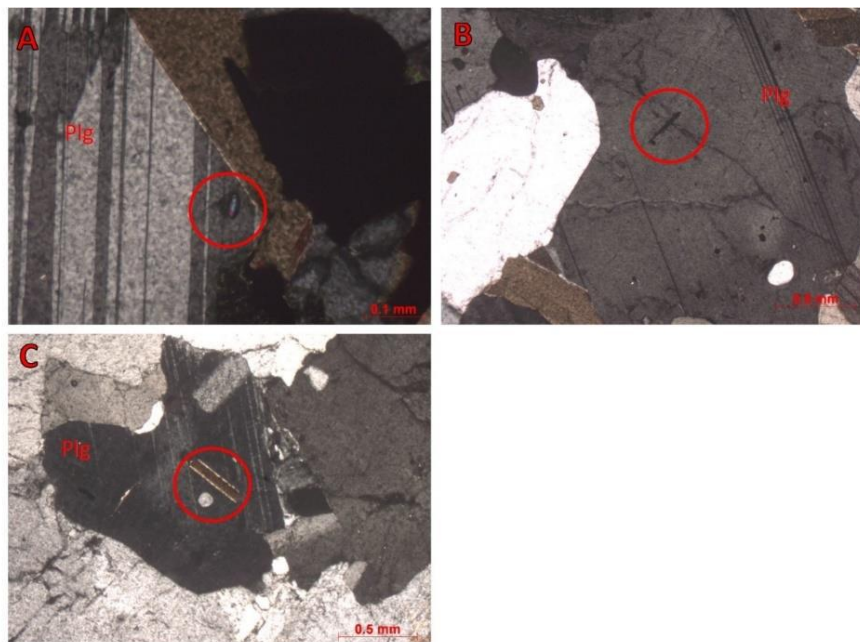


Figura 59 - Inclusões de zircão(A), apatita (B) e biotita (C) nos cristais de plagioclásio observados no Ortognaisse Estrela.

A relação entre a microclina e o plagioclásio está registrada nas lâminas através da textura antipertítica (inclusão de cristais de microclina no plagioclásio) e também pela textura mirmequítica sendo marcada pelo quartzo em hábito vermiforme (Figura 60 e 61,

respectivamente). Como produto de alteração desse mineral identificou-se aglomerados formados por sericita e carbonato e caulinita (Figura 62).

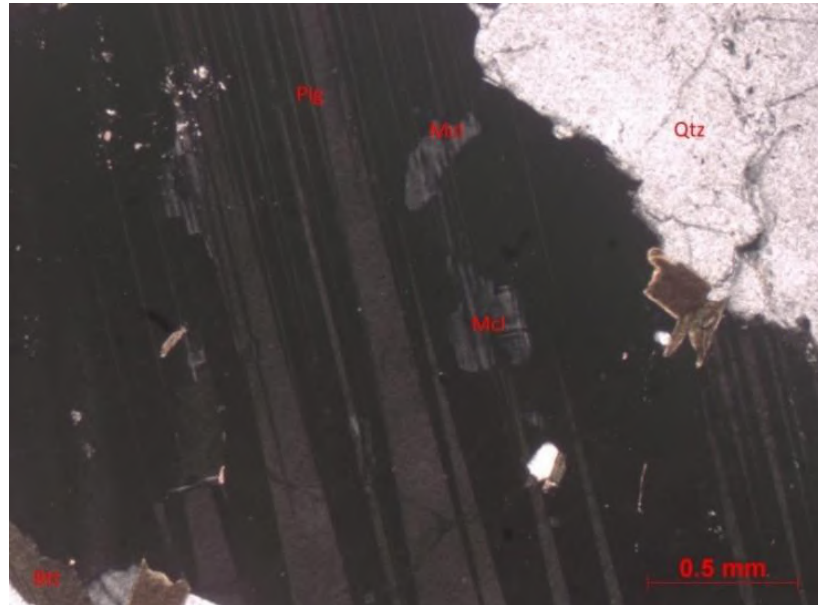


Figura 60 - Cristal de plagioclásio apresentando inclusões de pequenos cristais de microclina, indicando a textura antiperitítica. Plg - Plagioclásio; Qtz - Quartzo; Mcl - Microclina; Btt – Biotita.



Figura 61 - Fotomicrografia, em nicóis cruzados, mostrando a textura mirmequítica resultado da reação entre plagioclásio e microclina.



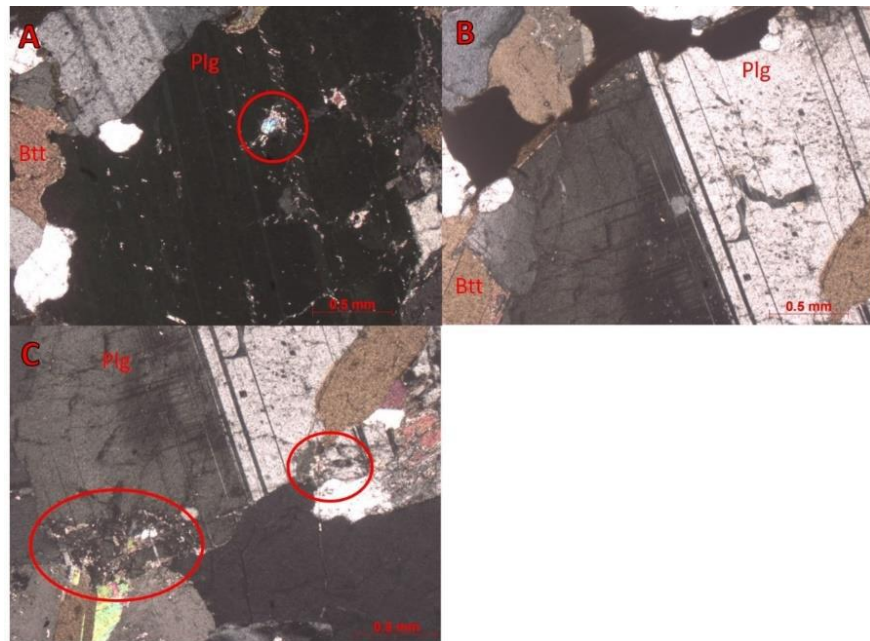


Figura 62 - Exemplos de alterações nos cristais de plagioclásio observados na rocha. A: cristal de muscovita gerada pela alteração do plagioclásio; B: Cristal de plagioclásio apresentando caulinita gerada pela alteração desse feldspato. A caulinita é identificada pelos pontos escuros inseridos no interior do cristal de plagioclásio; C: Aglomerado de sericita e carbonato nos cristais de plagioclásio.

O quartzo na rocha ocorre em cristais subédricos a anédricos, apresentando contatos sinuosos com os minerais ao seu entorno, hábito granulares por vezes fraturados medindo entre 1,25 mm até 1,75 mm na matriz da rocha (Figura 63). Contudo, em filmes de fusão que foram observados, o quartzo atinge tamanhos entre 3,0 mm até 3,5 mm e contatos retilíneos, como observado na figura 57. Como consequência da formação de mirmequita, outro hábito do quartzo é o vermiforme medindo tamanhos inferiores a 0,25 milímetros e inclusos no plagioclásio. Inclusões de apatita foram observadas nesse mineral (Figura 64).



Figura 63 - Cristal de quartzo com contatos irregulares e apresentando fraturamento.

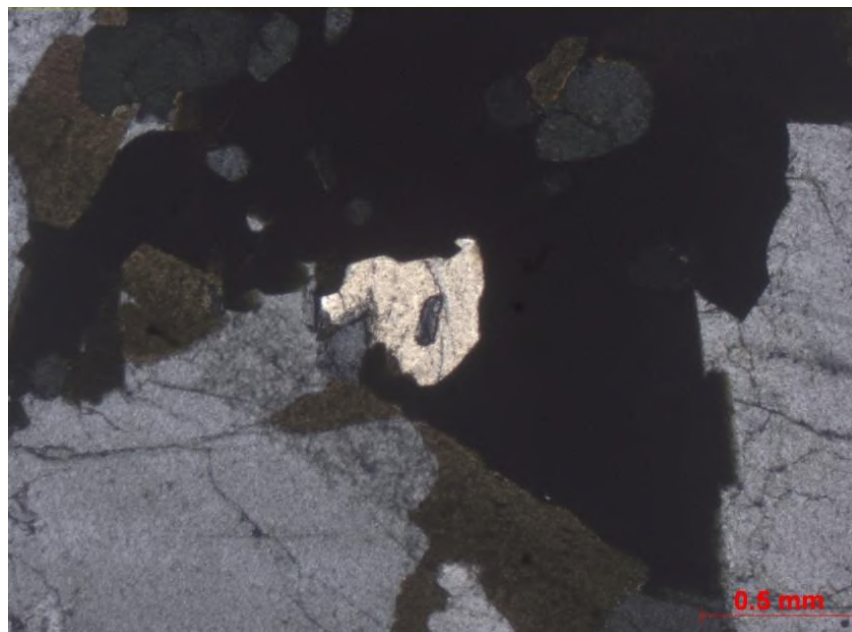


Figura 64 - Inclusão de apatita em cristal de quartzo no centro da foto

A microclina está presente no Ortognaisse Estrela como componente da matriz da rocha em cristais subédricos a anédricos, com contatos sinuosos, medindo entre 1,0 mm até 1,75 mm e ocorrendo por toda a rocha (Figura 65). O intercrescimento mirmequítico exemplifica a relação de contato da microclina com o plagioclásio (Figura 61), que ocorre em maior proporção na rocha. Como principais produtos de alteração desse mineral, foram identificados muscovita e caulinita.

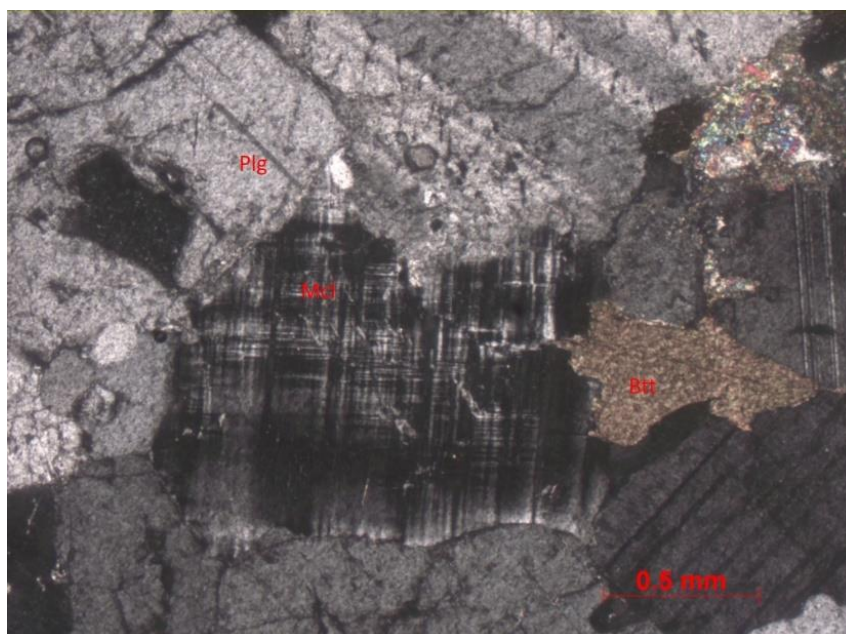


Figura 65 - Cristal subédrico de microclina, podendo ser observados os contatos sinuosos entre os minerais ao redor. Plg - Plagioclásio; Qtz - Quartzo; Mcl - Microclina; Btt – Biotita.

A biotita compõe a matriz e apresenta-se com cristais euédricos a subédricos medindo 0,5 milímetros a 2,5 milímetros com hábito tabular e contatos retilíneos, contudo contatos irregulares foram observados. Sua distribuição é dispersa, podendo ocorrer como aglomerados juntamente com opacos, titanita e hornblenda. Como inclusões na biotita foram identificados zircão e titanita. Como alteração da biotita é possível identificar dois produtos, a muscovita e a clorita, ambas ocorrendo paralelas à clivagem da biotita (Figura 66).



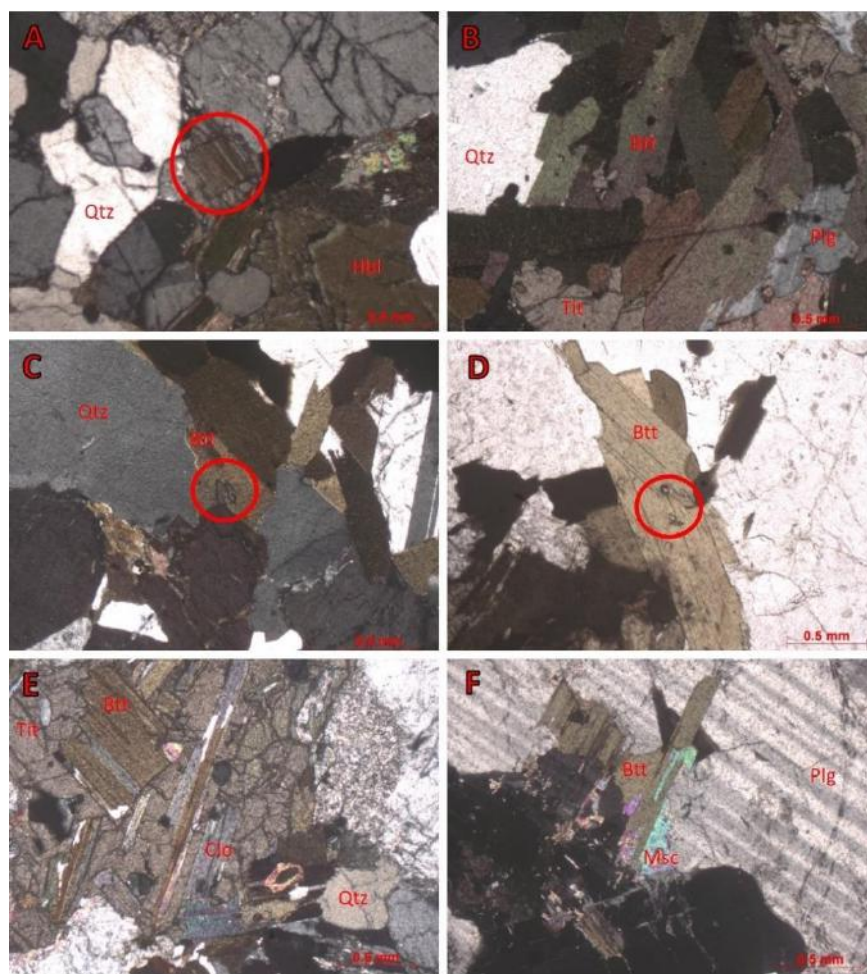


Figura 66 - Fotomicrografia das principais características da biotita nas lâminas delgadas. A: cristal euédrico de biotita destacado pelo círculo vermelho; B: aglomerado de biotita, associado com titanita e plagioclásio; C: inclusão de pequenos cristais de titanita, destacados pelo círculo vermelho; D: inclusão de cristais de zircão, destacados pelo círculo vermelho; E: Aglomerado de biotita, sendo possível identificar a alteração deste mineral para clorita; a alteração acompanha as direções de clivagem da biotita; F: alteração da biotita para muscovita; assim como a clorita, a muscovita acompanha os planos de clivagem.

A hornblenda ocorre como cristais subédricos a anédricos medindo entre 0,75 mm até 1,75 mm, com hábito prismático a granular, podendo apresentar a clivagem característica em ângulos de 120° preservada (Figura 67 A). Na rocha sua distribuição acontece dispersa e também em aglomerados, juntamente com a biotita e outros minerais vistos na rocha, como a titanita e opacos (Figuras 67 B). Ocorre sendo substituída por biotita (Figura 67 D) e inclusões de zircão foram observadas (Figura 67 C).



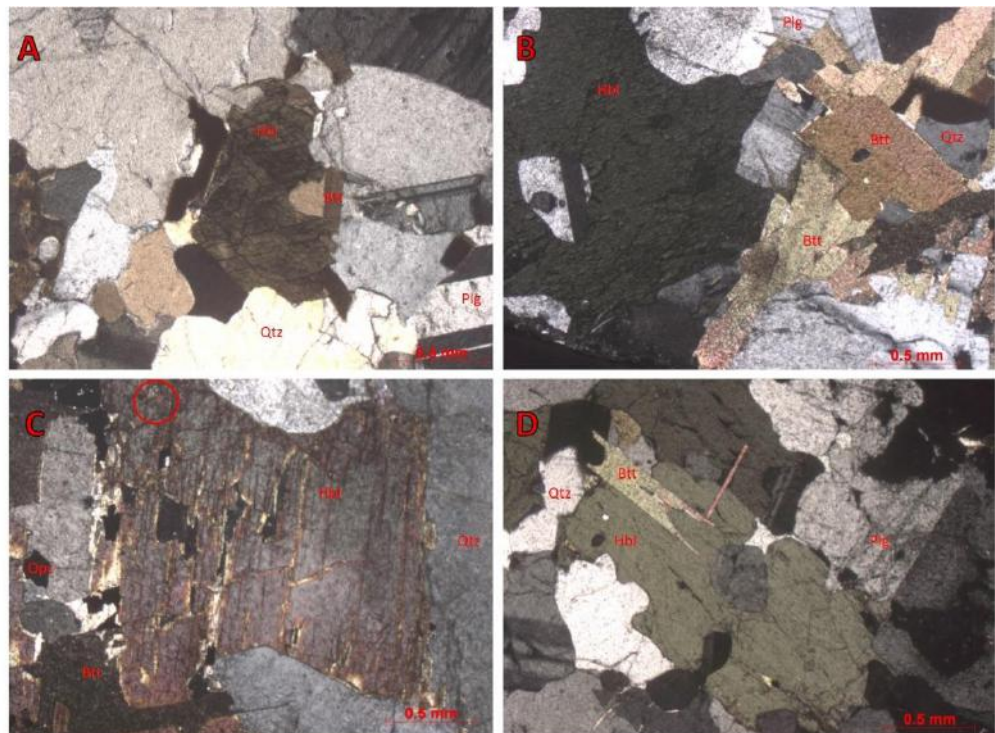


Figura 67 - Ocorrências de hornblenda nas lâminas delgadas estudadas. A: cristal subédrico de hornblenda com a clivagem ainda preservada; B: cristal de hornblenda em contato com aglomerado de biotita; C: cristal de hornblenda transformando-se para biotita. Ainda nesse cristal é possível identificar uma inclusão de zircão sinalizado pelo círculo vermelho e a relação do anfibólio com os opacos, possivelmente exsolvidos quando da substituição por biotita; D: cristal de hornblenda sendo substituído por biotita.

A titanita foi observada em cristais euédricos, apresentando contatos retilíneos, a anédricos, com contatos sinuosos, além de poder ocorrer como inclusões em outros minerais (Figuras 68 A, B, C e D). Na rocha, a titanita varia de tamanho submilimétrico podendo localmente chegar a 1 mm. Sua ocorrência na rocha pode ser dispersa pela matriz e em aglomerados junto com biotita, opacos e hornblenda. Inclusos na titanita, foi possível identificar zircão e apatita (Figuras 68 E e F).

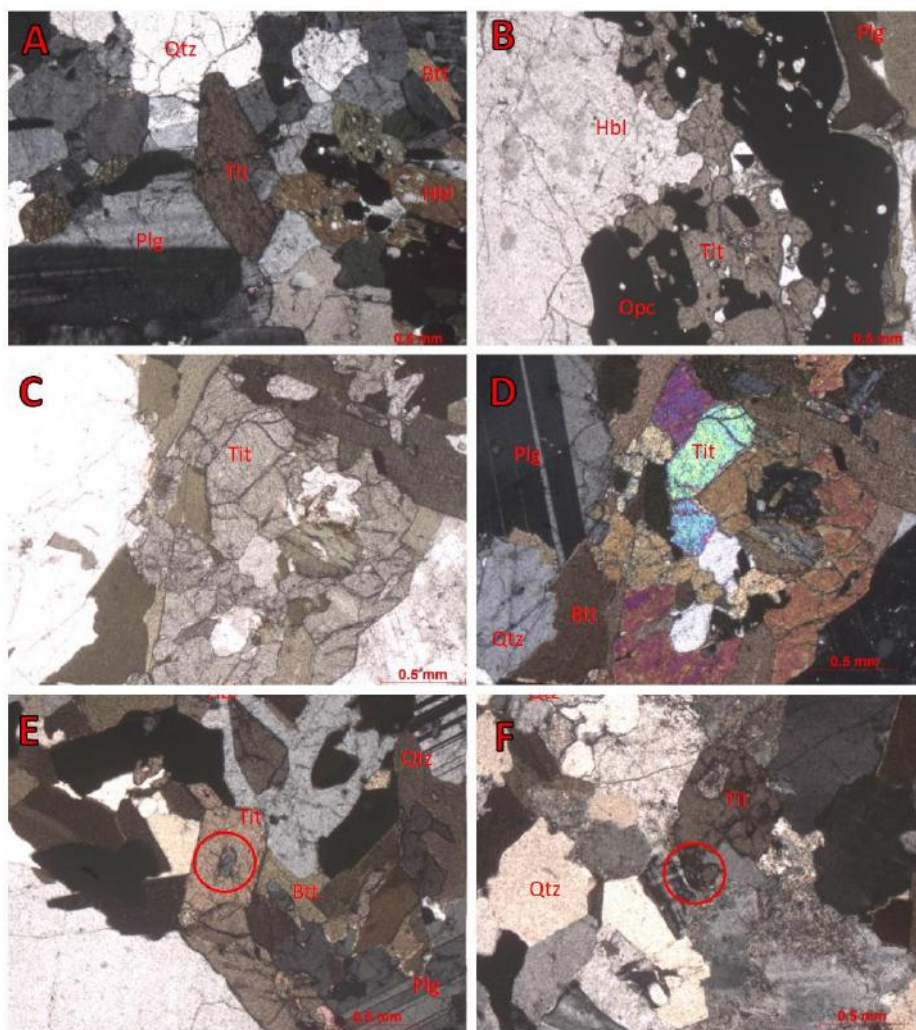


Figura 68 - Fotomicrografias das ocorrências de titanita nas rochas estudadas. A: titanita euédrica com contatos retilíneos e hábito losangular; B: Aglomerado de opacos com a titanita demonstrando a relação entre esses minerais e mostrando os contatos sinuosos de cristais anédricos de titanita; C: cristais de titanita a nicóis descruzados; D: cristais da figura C a nicóis cruzados mostrando diversas cores de interferência; E: Inclusão de apatita no cristal de titanita; F: Inclusão de zircão no cristal de titanita.

A allanita apresenta-se como cristais euédricos com hábito granular, dispersos na lâmina e medindo até 0,25 mm. Quando associada ao epidoto, pode mostrar uma relação com núcleo de allanita envolvida por epidoto (Figura 69).

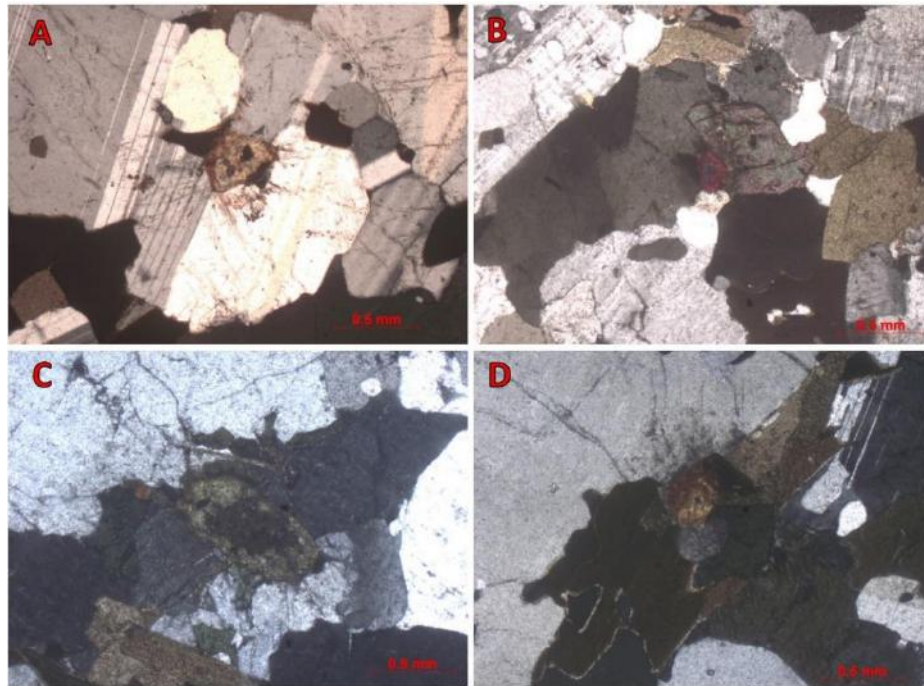


Figura 69 - Fotomicrografias das formas de ocorrência da allanita na rocha estudada. A. Cristal de allanita provocando fraturas em plagioclásio; B. Cristal de allanita completamente envolvida por epidoto; C. Cristal de allanita parcialmente metamítico; D. Allanita associada à biotita.

Os opacos ocorrem como cristais anédricos com contatos sinuosos com os outros minerais. Nas lâminas descritas, ocorrem predominantemente formando aglomerados com titanita, biotita e hornblenda, porém podem ocorrer dispersos (Figuras 70 e 71).

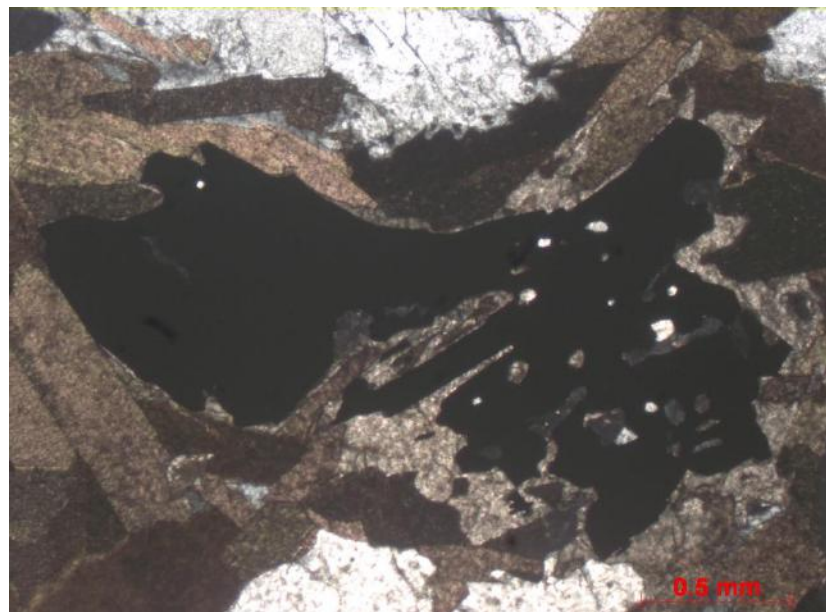


Figura 70 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de cristais dos minerais opacos com hábito esqueletal. Nesse aglomerado, os cristais estão em contato com biotita e titanita.



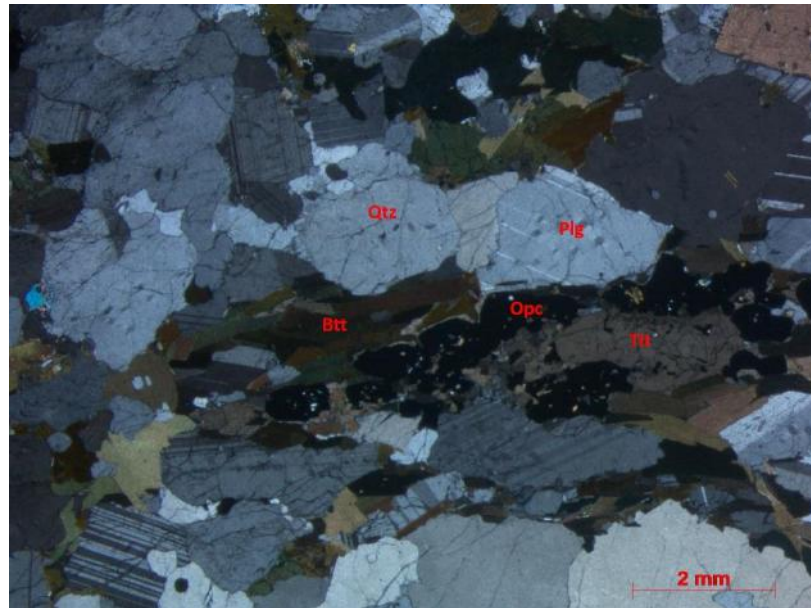


Figura 71 - Fotomicrografia, a nicois cruzados, de um aglomerado de biotita, titanita e opacos. Nesse aglomerado, é possível observar hábito variando de prismático a granular, localmente esqueletal, dos minerais opacos.

A apatita e o zircão são euédricos, com tamanho submilimétricos, habito prismático, podendo a apatita apresentar hábito granular ou acicular e sua ocorrência é na forma de inclusões nos minerais essenciais e acessórios da rocha (Figura 72).

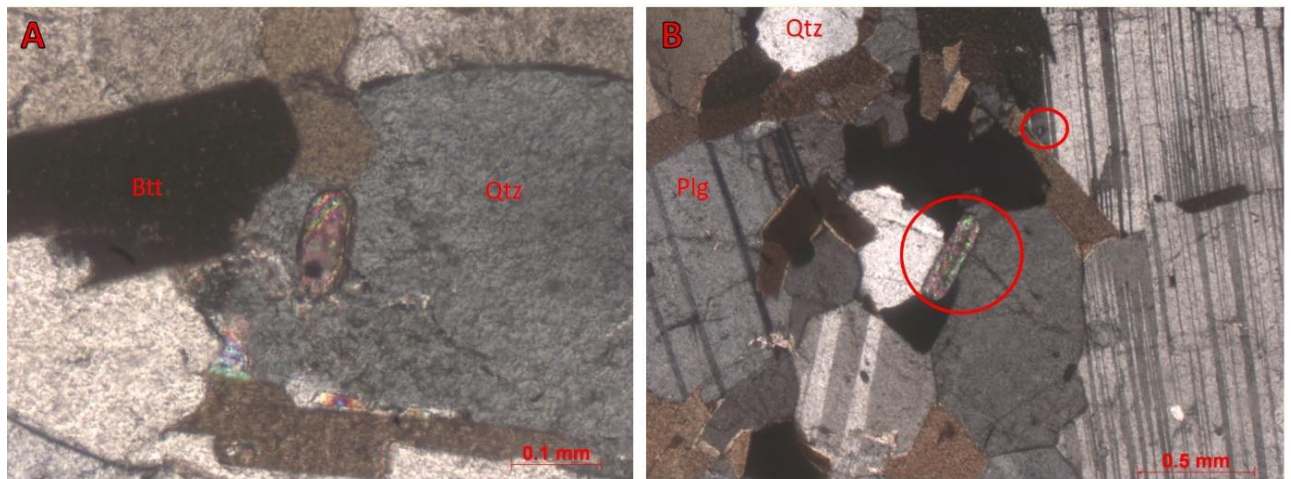


Figura 72 - Ocorrência de zircão na rocha estudada. A: em detalhe um cristal de zircão euédrico e prismático; B: ocorrências de tamanhos distintos de zircão na rocha.

Após observar as relações de inclusão e reação dos minerais nas lâminas analisadas de Ortognaisse Estrela, a possível ordem de cristalização é a seguinte:

Zircão, Apatita → Opacos, Titanita → Allanita, Epidoto → Hornblenda → Plagioclásio → Biotita → Microclina → Quartzo → Muscovita, sericita, carbonato, caulinita, clorita







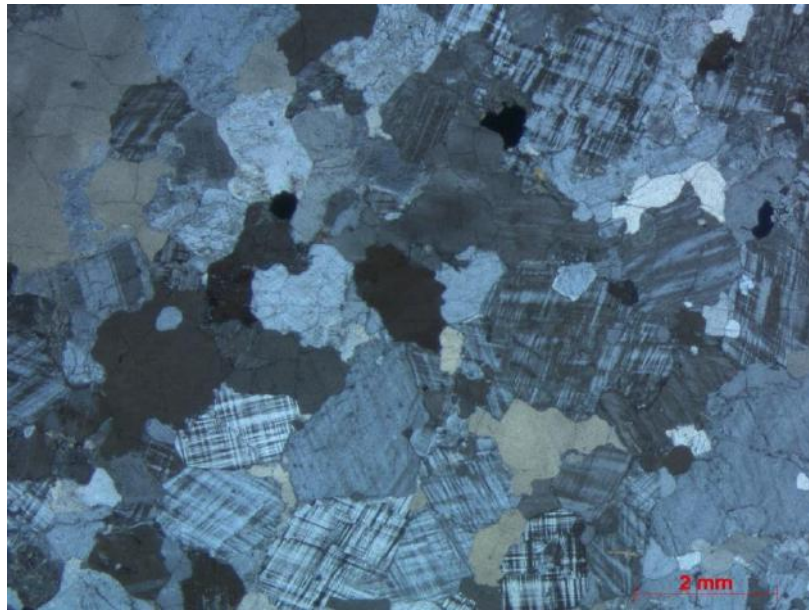


Figura 74 - Aspecto textural ao microscópio do Leucogranito, com ênfase na matriz equigranular.

No leucogranito o feldspato predominante é a microclina com cristais subédricos a anédricos, apresentando contatos sinuosos com os cristais em seu entorno. Embora em menor proporção, o plagioclásio exibe texturas típicas com a microclina como, por exemplo, as texturas pertitítica e antipertitítica, além da mirmequita (Figuras 75 e 76).

O quartzo nessa rocha ocorre disperso na lâmina como cristais subédricos a anédricos, apresentando contatos sinuosos e por vezes pode ser encontrado fraturado. Além disso, o quartzo também é encontrado com hábito vermiforme na mirmequita devido ao processo de reação entre microclina e plagioclásio.

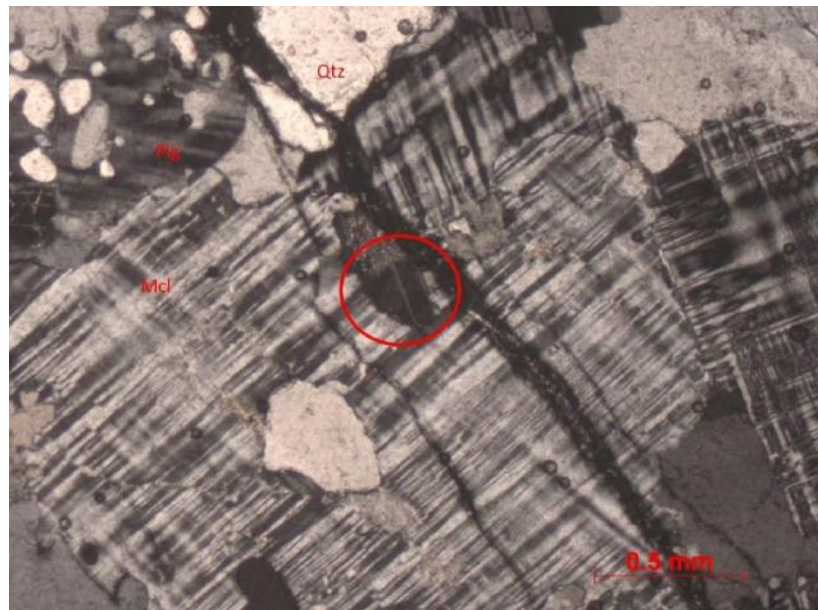


Figura 75 – Fotomicrografia, a nicois cruzados, de cristal de microclina com lamelas pertíticas alongadas e com inclusão de plagioclásio destacada.

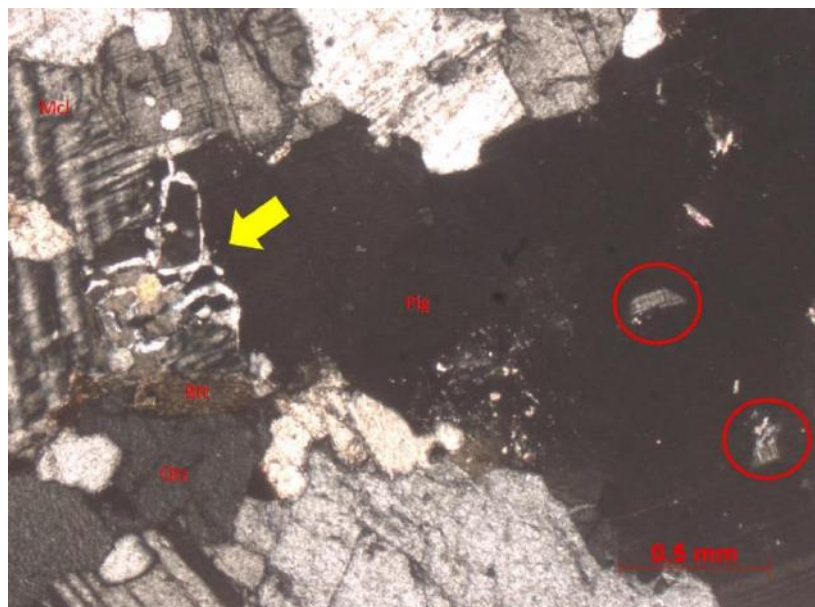


Figura 76 - Fotomicrografia, a nicois cruzados, da textura mirmequítica apontada pela seta amarela. Os cristais de microclina inseridos no plagioclásio que podem indicar textura antipertítica estão marcados com um círculo vermelho.

Embora pouco comuns, os minerais máficos podem ser encontrados sendo representados predominantemente pela biotita e raramente por opacos e hornblenda. No caso da biotita, seus cristais são subédricos a anédricos podendo apresentar contatos retilíneos e sinuosos com os cristais de seu entorno, medindo de 0,25 mm até 3mm (Figura 77). Já os minerais opacos são anédricos, dispersos na lâmina e chegam a tamanhos de 0,5 mm. Por fim, a hornblenda é anédrica, ocorre dispersa na lâmina chegando a medir até 1,75 mm (Figura 78).



Zircão e apatita são euédricos e são encontrados como inclusões na mineralogia principal. Como fruto da alteração dos feldspatos da rocha, caulinita, sericita e menos comumente carbonato foram vistos, além de clorita como produto secundário da biotita.

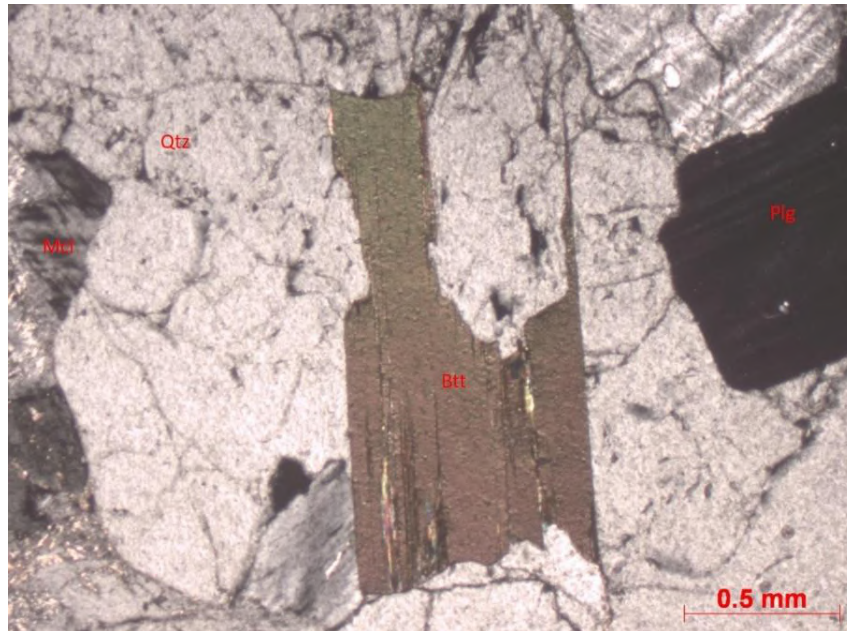


Figura 77 – Fotomicrografia, a nicois cruzados, de um cristal de biotita presente no Leucogranito.

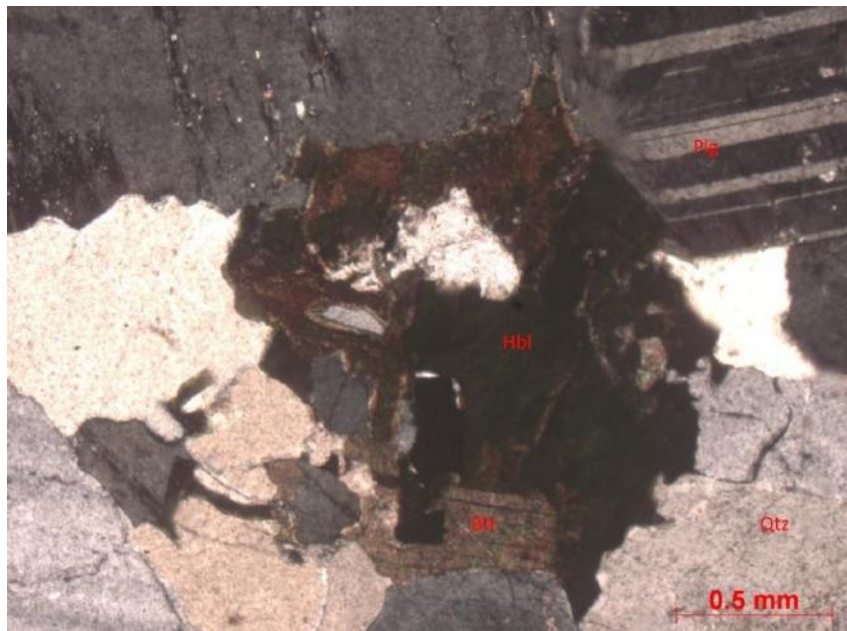


Figura 78 – Fotomicrografia de um aglomerado de hornblenda e biotita no Leucogranito.

Após a observação da relação dos minerais do Leucogranito, a possível ordem de cristalização para essa rocha é:

Zircão, Apatita → Plagioclásio → Hornblenda → Biotita → Microclina → Quartzo → Caulinita, Sericita.

### 9.3. Titanita granito

A classificação modal desta unidade utilizando os dados da tabela 9 baseado na contagem de uma lâmina de Titanita Granito e plotando estes no Streckeisen (1976) o Titanita Granito está inserido no campo do sienogranito (Figura 79).

Tabela 8 - Tabela com a contagem modal da amostra de Titanita Granito analisada na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zir

Amostra	Minerais													
	Plg	Qtz	Mcl	Btt	Hbl	Apt	All	Tit	Opc	Zrc	Clo	Src	Epd	Outros
ES - 102	17,0%	30,7%	36,5%	9,9%	NC	NC	1,0%	2,5%	1,0%	0,9%	NC	NC	NC	0,50%

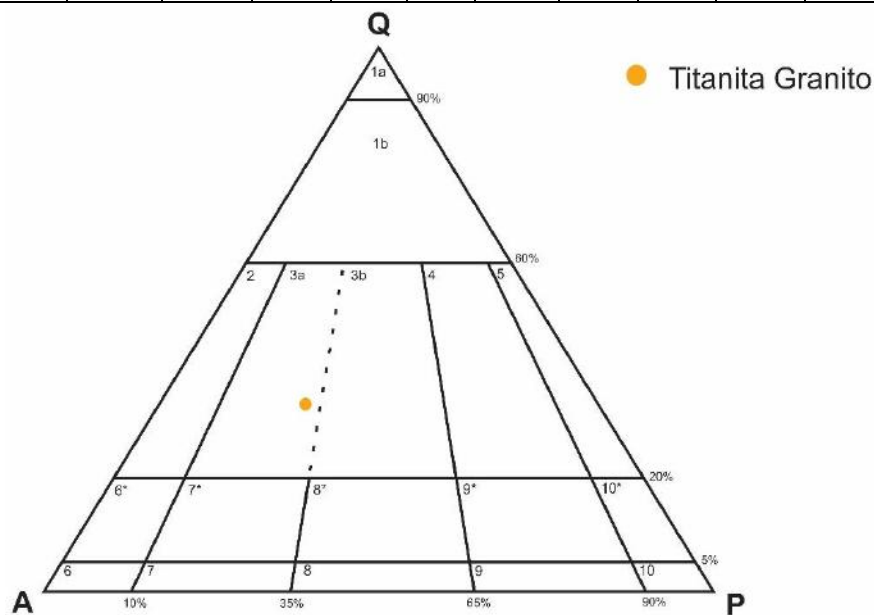


Figura 79 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Titanita Granito. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6\* - Quartzó-álcali-feldspato sienito; 7\* - Quartzó sienito; 8\* - Quartzó monzonito; 9\* - Quartzó monzodiorito; 10\* - Quartzó diorito/Quartzó gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro

Em uma visão geral, a rocha é leucocrática (IC=20%), isotrópica e sua textura é equigranular hipidiomórfica com cristais medindo cerca de 2mm, ou seja, granulação média. Os minerais essenciais observados foram microclina, quartzo e plagioclásio, enquanto que a

mineralogia acessória é dada por biotita, titanita, apatita, zircão e allanita. A secundária é dada por clorita, caulinita e sericita (Figuras 80 e 81).

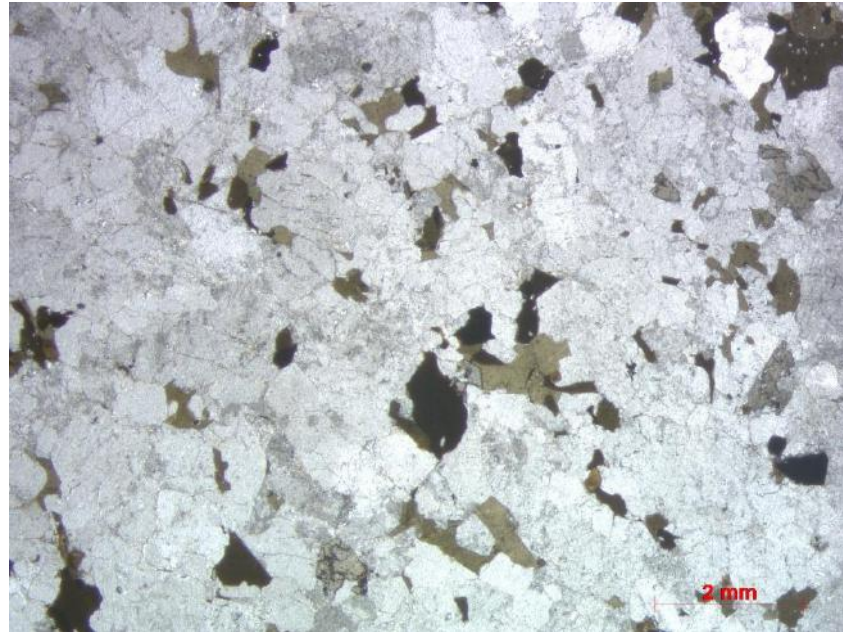


Figura 80 - Fotomicrografia, a nicóis descruzados, de aspecto textural do Titanita Granito.

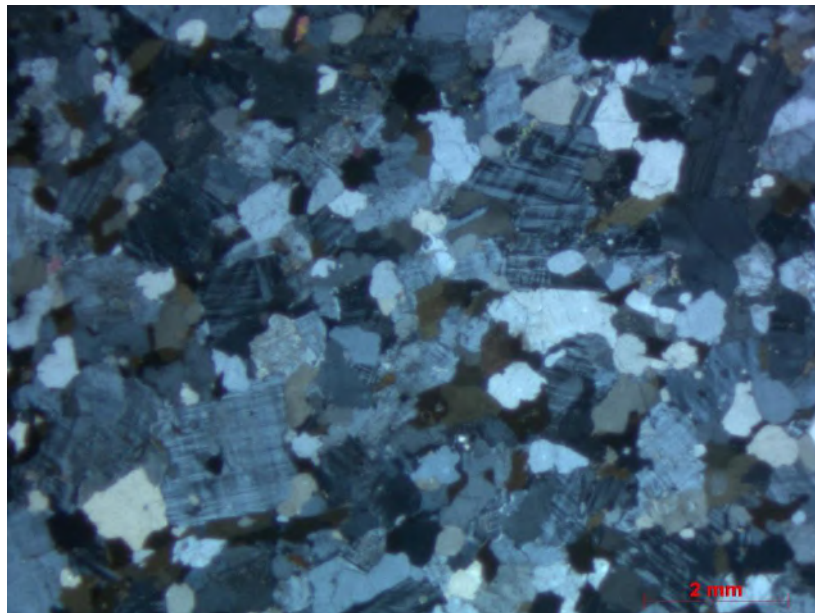


Figura 81 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de aspecto textural do Titanita Granito.



Os feldspatos, microclina e plagioclásio, ocorrem com tamanhos de 2 mm, com cristais subédricos, apresentando contatos retos e também sinuosos e tendo como mineralogia secundária a sericita e a caulinita.

O quartzo tem tamanho de 1,5 mm com cristais subédricos a anédricos, contatos sinuosos, podendo ocorrer fraturado. Ocorre também com hábito vermiforme no intercrescimento mirmequítico, resultado da reação entre microclina e o plagioclásio.

Os minerais máficos na rocha são representados pela biotita, titanita e opacos. Enquanto a biotita e a titanita apresentam tamanhos que podem variar de 1,0mm até 1,5mm os opacos ocorrem com tamanho de até 0,5mm e como inclusões nos minerais essenciais. A biotita e a titanita apresentam cristais subédricos contatos sinuosos e apresentando inclusões de zircão, allanita e apatita. A titanita ocorre na rocha também apresentando hábitos prismáticos (Figura 82)



Figura 82 - Fotomicrografia destacando os cristais de titanita. É possível observar que ocorrem cristais desse mineral com hábito prismático.

Zircão, apatita e allanita ocorrem euédricos, com contatos retilíneos com tamanhos submilimétricos. Na rocha esses minerais ocorrem como inclusões nos minerais essenciais e acessórios.



#### 9.4. Diorito Alto Chapéu

A classificação modal desta unidade utilizando os dados da tabela 9 baseado na contagem de uma lâmina de diorito Alto Chapéu e plotando estes no Streckeisen (1976) o diorito está inserido no campo do quartzo-diorito (Figura 83).

Tabela 9 - Tabela com a contagem modal da amostra de diorito Alto Chapéu analisada na petrografia, sem normalização. Plg: plagioclásio; Qtz: quartzo; Mcl: microclina; Btt: biotita; Hbl: hornblenda; Apt: apatita; All: allanita; Tit: titanita; Opc: opacos; Zrc: zir.

Amostra	Minerais													
	Plg	Qtz	Mcl	Btt	Hbl	Apt	All	Tit	Opc	Zrc	Clo	Src	Epd	Outros
ES-118A	37,20%	9,20%	NC	21,30%	29,30%	0,20%	NC	0,90%	NC	1,00%	NC	NC	NC	0,90%

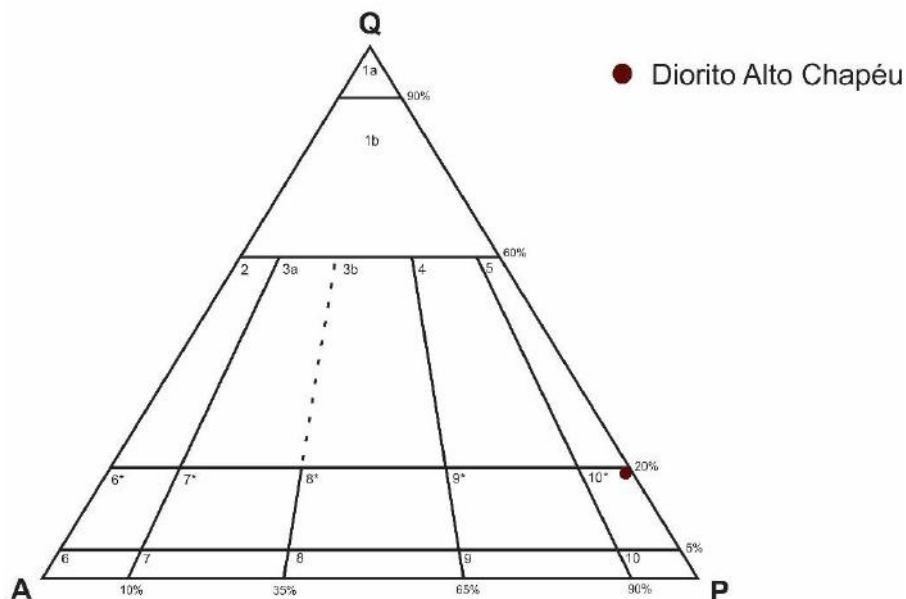


Figura 83 - Diagrama QAP de classificação de rochas ígneas plutônicas Streckeisen (1976) com as amostras de Diorito Alto Chapéu. 1 – Quartzolito; 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali feldspato granito; 3a – Sienogranito; 3b – Monzogranito; 4 – Granodiorito; 5 – Tonalito; 6\* - Quartzo-álcali-feldspato sienito; 7\* - Quartzo sienito; 8\* - Quartzo monzonito; 9\* - Quartzo monzodiorito; 10\* - Quartzo diorito/Quartzo gabro; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 – Sienito; 8 – Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro 10 - Diorito/Gabro

Rocha mesocrática (IC aprox. 50%), isotrópica, equigranular, de granulação fina medindo, em média, 0,5 a 1,0mm. Como minerais essenciais, observou-se plagioclásio, biotita, hornblenda e quartzo; como acessórios, zircão, titanita e apatita; como secundários, biotita, mica branca e clorita (Figuras 84 e 85).

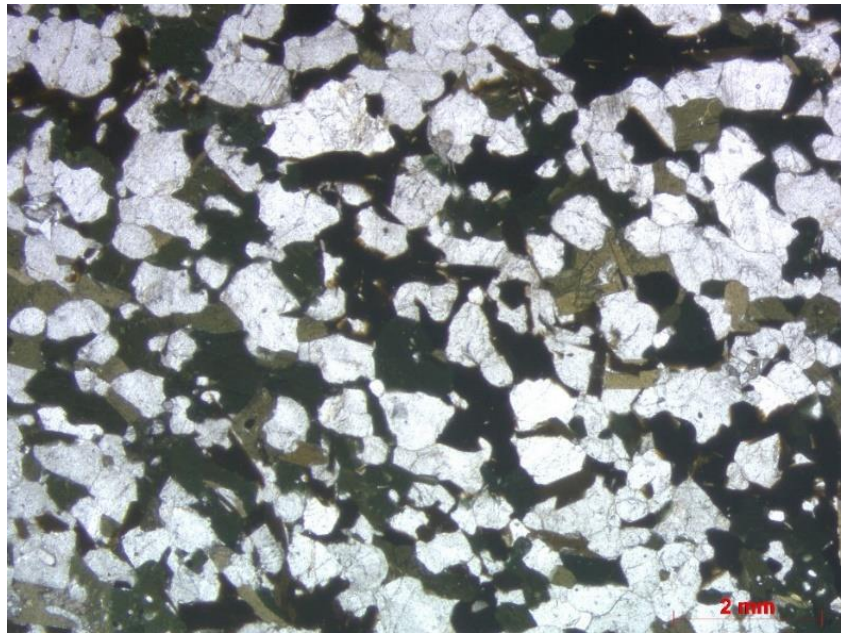


Figura 84 - Fotomicrografia, a nicóis descruzados, de uma visão geral do diorito Alto Chapéu.

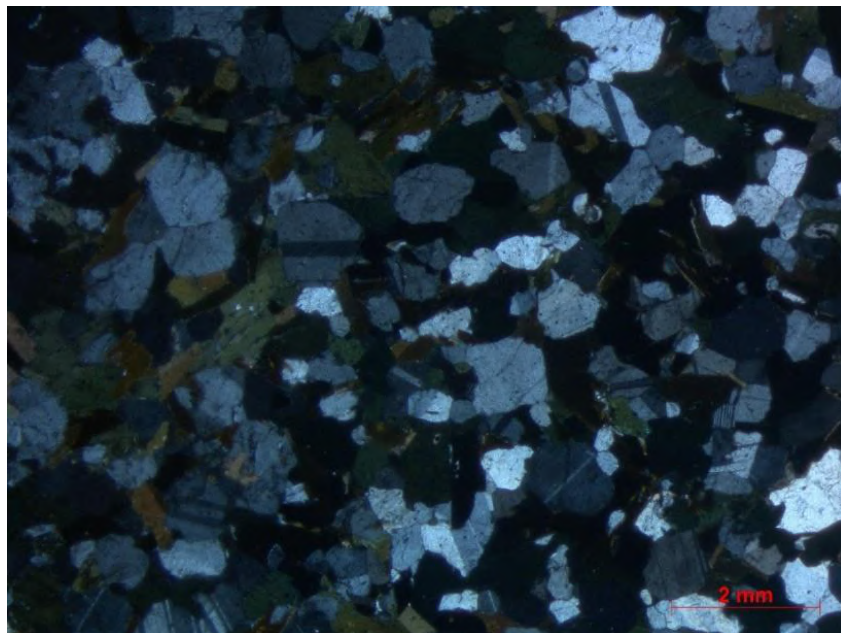


Figura 85 - Fotomicrografia, a nicóis cruzados, de uma visão geral do diorito Alto Chapéu.

O plagioclásio apresenta hábito tabular, com cristais subédricos a localmente anédricos, possuindo contatos retos a sinuosos com os minerais adjacentes com tamanho variando de 0,3 a 1,0 mm. Como mineralogia secundária foi identificado sericita e caulinita, predominantemente, podendo ocorrer carbonato. As inclusões identificadas foram de apatita.

A hornblenda foi identificada com cristais de hábito prismático a granular, subédricos a anédricos, com contatos retos a sinuosos com os minerais adjacentes e medindo entre 0,5 e 1,25mm. Inclusões de zircão e apatita foram identificadas, assim como alteração para biotita. Quando primários os cristais de biotita têm hábito micáceo, sendo predominantemente subédricos, fazendo contato reto com os minerais adjacentes e medindo até 1,25mm. Pode apresentar inclusões de zircão e apatita e alteração para clorita.

O quartzo apresenta hábito granular, anédrico, fazendo contato sinuoso com os minerais adjacentes e medindo até 0,75mm, ocasionalmente ocorrendo fraturado.

A titanita ocorre em cristais de hábito losangular a granular, sendo subédricos a anédricos, fazendo contato reto a sinuoso com os minerais adjacentes e medindo até 0,7mm, com distribuição dispersa na rocha.

O zircão e a apatita apresentam cristais de hábito prismáticos, sendo predominantemente euédricos, fazendo contato reto com os minerais adjacentes e medindo, em média, 0,25mm para o zircão e a apatita podendo chegar a 0,4 mm. A distribuição desses dois minerais é dispersa ocorrendo como inclusões nos minerais essenciais.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região mapeada foram identificadas cinco litologias: Ortognaisse Estrela possível representante da supersuíte G1, apresentando foliação bem marcada pelos máficos (biotita e hornblenda), ocorrendo predominantemente porfirítico, com fenocristais de plagioclásio, além de localmente equigranular e migmatítico e com enclaves máficos; Leucogranito predominantemente equigranular, localmente porfirítico com fenocristais de k-feldspato; Granito Alto Chapéu, rocha porfirítica com fenocristais de k-feldspato róseos ; Diorito Alto Chapéu, rocha mesocrática que localmente apresenta xenocristais de k- feldspato ; e Titanita Granito, equigranular e observado como diques de tamanhos variados.

Para observar a relação dessas rochas, com o foco desse trabalho, o ortognaisse Estrela, foi necessário o mapeamento da área estudada para a identificação da existência da associação ou não entre elas a partir dos afloramentos encontrados. Através do modelo digital de elevação (MDE) foi possível analisar a topografia do local e identificar que o Leucogranito, localmente, pode ser responsável pelo controle dos vales da região. Além disso, percebe-se que a parte leste da área de mapeamento apresenta cotas topográficas mais baixas o que indica que nesse local pode estar exposto partes mais profundas do arco (Figura 86).

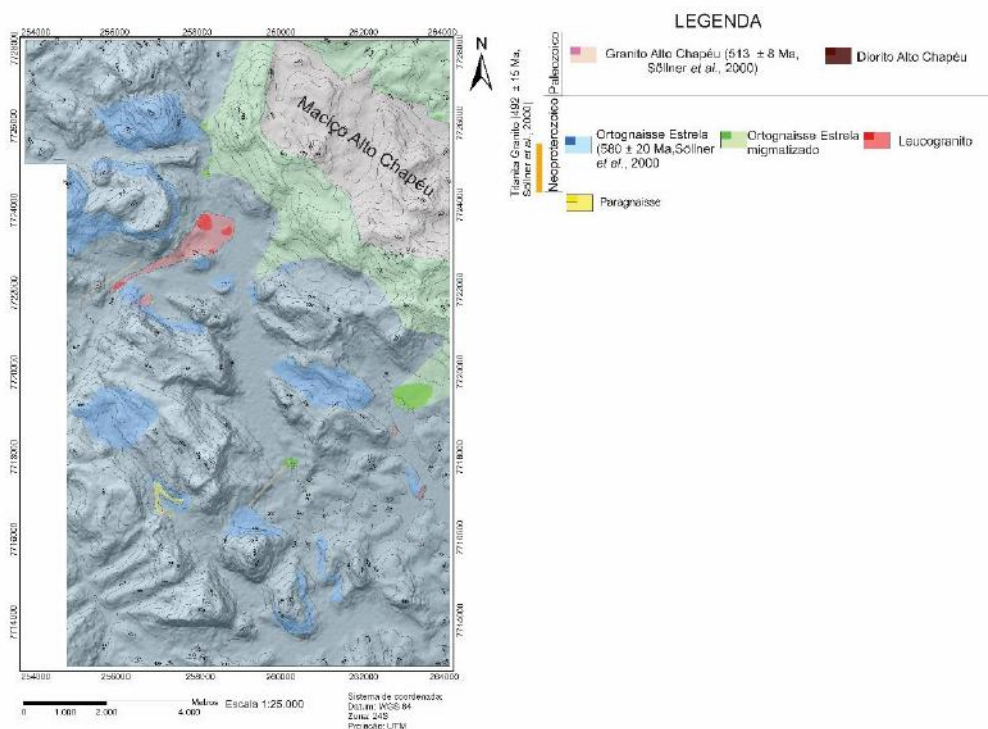


Figura 86 - Modelo digital de elevação da área mapeada.

Uma vez que os contatos entre os litotipos do Maciço Alto Chapéu com o ortognaisse não afloram, foi inferido contato intrusivo, considerando o caráter não deformado do Granito e Diorito Alto Chapéu. Observa-se no mapa geológico que próximo à área de ocorrência das rochas do Maciço Alto Chapéu o ortognaisse está variavelmente migmatizado, e esta migmatização pode ter sido, parcial ou totalmente, causada pelo calor do magma ascendente que gerou o plúton Alto Chapéu. A presença de xenocristais de k-feldspato no Diorito Alto Chapéu evidencia provável processo de mistura mecânica entre granito e diorito como foi visto em campo.

Assim como as rochas do plúton Alto Chapéu, o Titanita Granito mapeado pode ser considerado como pertencente à supersuíte G5, uma vez que ocorre na forma de diques cortando discordantemente o ortognaisse Estrela e zonas de cisalhamento prévias, o que indica seu caráter pós-tectônico.

O Leucogranito relaciona-se com o ortognaisse Estrela também de forma intrusiva, e com contatos bruscos identificados em afloramento. A sua geração por fusão parcial do ortognaisse Estrela pode ser aventada por relações de campo (enclave do ortognaisse), composição mineralógica, cristais recrystalizados. Aventa-se que a fusão gerou leucossoma que foi extraído e colocado em uma porção mais rasa da crosta, devido ao contato brusco do



ortognaisse e do Leucogranito, sugerindo diferença de temperatura durante a colocação do líquido gerado.

O principal foco desse trabalho, o Ortognaisse Estrela, tem sua principal variação faciológica representada por textura porfirítica com fenocristais de feldspato, apresentando uma matriz composta de quartzo, feldspato, biotita, anfibólio, apatita, zircão, allanita. Devido à deformação imposta nessa rocha, ela pode ser considerada como relacionada a evento pré a sin-colisional (supersuíte G1) podendo relacioná-lo com o Arco magmático Rio Doce.

A foliação é bem marcada pela orientação de minerais máficos e fenocristais, preferencialmente na direção NNE – SSW, possuindo mergulho para SE. As medidas encontradas no primeiro quadrante delimitado no mapa para o ortognaisse Estrela migmatizado não possuem direção próxima da média encontrada para a rocha sem migmatização, pois possivelmente a colocação do granito Alto Chapéu pode ter provocado mudança na direção da foliação neste quadrante. No segundo e quarto quadrantes o *trend* principal é próximo ao regional, predominantemente NE-SW, com mergulho para sudeste. Ainda no segundo quadrante, também foi possível identificar, pelas medidas, dobramentos com morfologia sinformal e caráter assimétrico. Por fim, no terceiro quadrante não há definição de um padrão nas atitudes, no entanto, pode ser relacionado a um dobramento regional.

Embora a foliação metamórfica seja muito presente na área de estudo, observa-se localmente texturas ígneas preservadas, como por exemplo a foliação de fluxo. Essa preservação de estruturas evidencia que a deformação do ortognaisse Estrela, foi marcada por partição heterogênea do *strain*. Provavelmente, estruturas de fluxo foram aproveitadas pelos esforços deformacionais, resultando em coincidência na direção de foliação tectônica e de fluxo.

A variação equigranular do ortognaisse ocorre devido uma concentração da matriz da rocha, o que pode estar associada a um processo de *filter pressing*, pois os fenocristais de plagioclásio já cristalizados gerariam uma pressão dentro da câmara magmática expulsando o magma que cristalizou a matriz da rocha. Quando migmatítico, o ortognaisse Estrela exibe estruturas estromática, ptigmática, *schlieren* e *schöllen*, com a ocorrência de leucossoma (quartzo e feldspato), mesossoma e melanossoma (biotita, anfibólio, magnetita) e pontualmente paleossoma preservado.

Os enclaves de uma rocha mesocrática e o Paragnaisse que foram encontrados durante o mapeamento, podem ser interpretados como rochas que compunham o embasamento do arco quando ele foi instalado. Com a subida do magma estes foram inseridos no Ortognaisse Estrela

e levados a porções mais rasas da crosta em comparação a posição crustal de onde foram retirados.

Ao microscópio o Ortognaisse Estrela tem composição predominante tonalítica a granodiorítica, enquanto o leucogranito foi classificado como sienogranito.

Em lâmina, observa-se no ortognaisse orientação proeminente sobretudo dos máficos, mas também dos fenocristais de plagioclásio, e eventualmente do quartzo. Na fácies migmatítica é possível identificar paleossoma com foliação bem marcada, mesossoma ainda com fenocristais de plagioclásio, pouca ou nenhuma orientação dos minerais e granulação prévia da rocha. Já o leucossoma é representado por filmes de fusão que apresentam granulação maior do que o restante da rocha. Ainda fica registrado em estudo microscópico que poucas amostras são classificadas como quartzomonzonito e monzogranito o que pode indicar que se trata de porção mesossomática e leucossomática, respectivamente. As texturas ígneas preservadas também são observadas em lâmina, sendo representadas principalmente pelos cristais tabulares de plagioclásio e pelos cristais prismáticos de titanita. Agregados de minerais máficos como biotita, hornblenda, titanita e minerais opacos são relativamente comuns, e os opacos exibem em alguns pontos hábito esquelético, o que pode indicar uma reação com o magma após a sua cristalização.

Texturas pertítica e antipertítica apontam para desequilíbrios com exsolução de moléculas mais ricas em Na e K, sob temperaturas solvus, próximas de subsolidus, enquanto que mirmequita evidencia reações entre os dois feldspatos. Possíveis reações de retrometamorfismo provocaram: 1. saussuritização do plagioclásio, gerando cristais de epidoto com hábito anédrico, além de sericita e calcita; 2. sobrecrecimento de biotita nas bordas de cristais de hornblenda; 3. formação de titanita anédrica nas bordas de cristais de biotita, apontando para substituição de Fe por Ti no retículo cristalino da biotita e posterior liberação do Ti na forma de titanita; 4. talvez substituição parcial de cristais de ilmenita e titano-magnetita por titanita (tal reação pode também ter ocorrido ainda em estágio magmático, haja vista a ocorrência de minerais opacos com hábito esquelético).

## REFERÊNCIAS

Alkmim, F.F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A.C., Peres, G.G., Cruz, S.C.P., Whittington, A., 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian Res.** 149, 43 e 64.

Alkmim, F.F., Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Cruz, S.C.P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Revista Geonomos**, v.15, n.1, p. 25-43, 2007.

ALMEIDA FFM de, HASUI Y, BRITO NEVES BB & FUCK RA. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8: 1977, Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

Carvalho, M. Q. T. Caracterização Petrográfica e Geoquímica do Ortognaisse Estrela na Região de Estrela do Norte – ES. Trabalho Final de Curso (Geologia), 85 f – **Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2020.

Da Silva, C. M. T.; Alkmin, F. F.; Pedrosa-Soares, A.C. Geometria e evolução do feixe de zonas de cisalhamento Manhauçu - Santa Margarida, Orógeno Araçuaí, MG. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 1, p. 23–34, 2009.

De Campos, C., Mendes, J., Ludka, I., de Medeiros, S., de Moura, J., Wallfuss, C., 2004. A review of the Brasiliano magmatism in southern Espírito Santo, Brazil, with emphasis on post-collisional magmatism. In: Weinberg, R., Trouw, R., Fuck, R., Hackspacher, P. (Eds.), The 750-550 Ma Brasiliano Event of South America. **Journal of the Virtual Explorer**, Electronic Edition Paper 1.

De Campos, C.P., de Medeiros, S.R., Mendes, J.C., Pedrosa-Soares, A.C., Dussin, I., Ludka, I.P., Dantas, E.L. Cambro-Ordovician magmatism in the Araçuaí Belt (SE Brazil): Snapshots from a post-collisional event. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 68, p. 248–268, 2015.

Degler, R., Pedrosa-Soares, A., Novo, T., Tedeschi, M., Silva, L.C., Dussin, I., Lana, C., 2018. Rhyacian-Orosirian isotopic records from the basement of the Araçuaí-Ribeira orogenic system (SE Brazil): Links in the Congo-São Francisco palaeocontinent. **Precambrian. Research.** 317, 179–195.

Didier, J& Barbarin, B. 1991. **The different types of enclaves in granites** - Nomenclature. Enclaves and Granite Petrology. Elsevier, p 19-23.

Gonçalves, L., Farina, F., Lana, C., Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F., Nalini, H.A., 2014. New U-Pb ages and lithochemical attributes of the ediacaran Rio Doce magmatic arc, araçuaí confined orogen, Southeastern Brazil. J. S. Am. **Earth Sci.**52, 1 e 20.

GOOGLE MAPS: <http://maps.google.com.br> (Acessado em julho/2019)

Gradim, C., Roncato, J., Pedrosa-Soares, A.C., Cordani, U., Dussin, I., Alkmim, F., Queiroga, G., Jacobson, T., Silva, L.C., Babinski, M., 2014. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. **Braz. J. Geol.** 44, 155 e 180.

Heilbron M., Pedrosa-Soares, A. C., Campos Neto M., Silva L. C., Trouw R. A. J. & Janasi V. 2004. A Província Mantiqueira. In: V. Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R. & Brito-Neves, B. B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo, Beca, pp. 203-234.

Le Maitre, R. W. (2002). *Igneous rocks a Classification and Glossary of Terms Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Sub-Commission on the Systematics of Igneous Rocks*, **Cambridge University Press**, 236 p.

Mendes, J.C., Medeiros, S.R., De Ludka, I.P., Pereira, T., Da Silva, P.D., 2010. Age and Nd e Sr results of an arc-related hornblende orthogneiss from the border of the Ribeira and Araçuaí belts. In: **Anais, VII SSAGI, South American Symposium on Isotope Geology**, Brasília, Electronic Edition.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C., Alkmim, F.F., 2007b. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozoico do Orógeno Araçuaí. **Geonomos** 15, 17 e 23.

Pedrosa-Soares, A. C.&Wiedemann-Leonardo, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: CORDANI, U., MILANI, E., THOMAZ-



FILHO, A. & CAMPOS, D. A. (eds) **Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress**, Rio de Janeiro, 265–285.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Wiedemann, C.M., Pinto, C.P., 2001. The Araçuaí- West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogeny formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian Research**. 110, 307 e 323.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Alkmim, F.F., Silva, L.C., Babinski, M., Cordani, U., Castañeda, C., 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos** 15, 1 e 16.

Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M.A., 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogeny. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J. (Eds.), *West Gondwana: Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region*, 294. **Geological Society, London**, pp. 153e172. Special Publications.

Peixoto, E., Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Dussin, I.A., 2015. A suture related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. **Gondwana Research**. 27, 878e896.

PEREIRA, Victor Huggo. Caracterização petrográfica e química mineral do Ortognaisse Estrela e dos litotipos associados, no distrito de Estrela do Norte, Espírito Santo. 105f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – **Departamento de Geologia, Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Queiroga, G., Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Alkmim, F.F., Pimentel, M.M., Dantas, E., Martins, M., Castañeda, C., Suita, M.T.F., Prichard, F., 2007. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí orogen: the U e Pb zircon dating of a plagiogranite. **Geonomos** 15, 61 e 65.

Silva C.M.T. 2010. Os sistemas transcorrentes da porção sudoeste do Orógeno Araçuaí e norte da Faixa Ribeira: geometria e significado tectônico. Tese de Doutorado, **Universidade Federal de Ouro Preto**, Ouro Preto, 221 p

Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. **Earth Science Reviews**, 12: 1-33.

Tedeschi, M., Novo, T., Pedrosa-Soares, A.C., Dussin, I.A., Tassinari, C.C.G., Silva, L.C., Goncalves, L., Alkmim, F.F., Lana, C., Figueiredo, C., Dantas, E., Medeiros, S., Campos, C.D., Corrales, F., Heilbron, M., 2016. The Ediacaran Rio Doce magmatic arc revisited (Araçuaí-Ribeira orogenic system, SE Brazil). *J. S. Am. Earth Science*. 68, 167–186.

Trouw, R., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M. and Andreis, R.R. 2000. The central Segment of the Ribeira Belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. and Campos, D.A. (Eds), *Tectonic Evolution of South America - 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, RJ, p. 287-310.

Vieira, V.S., 2007. Significado do Grupo Rio Doce no Contexto do Orógeno Araçuaí. Ph.D. thesis. **Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, Brazil, p. 117.

Wiedemann, C.M., Medeiros, S.R., Mendes, J.C., Ludka, I.P., Moura, J.C., 2002. Architecture of late orogenic plutons in the Araçuaí-Ribeira folded belt, southeast Brazil. **Gondwana Research**. 5, 381 e 399.

WILLIAMS, H.; TURNER, F.; GILBERT, C.M. 1982. *Petrography* (Second Edition). San Francisco, W.H. Freeman and Company. 626p.

WILLIAMS, H.; TURNER, F.J.; GILBERT, C.M. 1970. Petrografia. In: *Textura e classificação de rochas ígneas* (eds.) USP, P.13-38.

## **ANEXO I – TABELA DE PONTOS**

Pontos	X	Y	Litologia	Foliação	Amostra
es-01	260885	7717520	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-02	261050	7717625			Lâmina
es-03	258744	7722254	Ortognaisse Estrela	15/80	Lâmina
es-04	258182	7723650	Leucogranito		Lâmina
es-05	260682	7715319	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-06	260929	7713630	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-07	259866	7712243	Leucogranito		Lâmina
es-08	259345	7711918	Ortognaisse Estrela	120/50	
es-09	259441	7711269	Ortognaisse Estrela		
es-10	257014	7725336	Ortognaisse Estrela		
es-11	256834	7725251	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-12	255958	7725459	Ortognaisse Estrela		lamina
es-13	254986	7725340	Ortognaisse Estrela		
es-14	253295	7724945	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-15	256159	7722112	Leucogranito	335/70	Lâmina
es-16	255518	7721521	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-17	254933	7720781	Ortognaisse Estrela		
es-18	254970	7720284	Ortognaisse Estrela		
es-19	259307	7722792	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-20	260957	7722247	Ortognaisse Estrela		
es-21	258256	7723000	Ortognaisse Estrela		
es-22	258162	7723438	Leucogranito		



es-23	258183	7723479	Leucogranito	213/65	
es-24	258021	7723752	Leucogranito		
es-25	258235	7723941	Ortognaisse Estrela		
es-26	258234	7724127	Ortognaisse Estrela		
es-27	258084	7724580	Ortognaisse Estrela		
es-28	258054	7724987	Ortognaisse Estrela		
es-29	258112	7725294	Ortognaisse Estrela		
es-30	257851	7725472	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-31	257904	7725581	Ortognaisse Estrela		
es-32	257663	7725545	Ortognaisse Estrela		
es-33	258346	7722135	Ortognaisse Estrela	025/65	Lâmina
es-34	257761	7722184	Ortognaisse Estrela	015/70	
es-35	257361	7721904	Ortognaisse Estrela		
es-36	256833	7722112	Ortognaisse Estrela		
es-37	256002	7722409	Ortognaisse Estrela		
es-38	255469	7722457	Ortognaisse Estrela		
es-39	255834	7722008	Leucogranito		
es-40	255982	7722026	Leucogranito		
es-41	255753	7721779	Ortognaisse Estrela		
es-42	255820	7722555	Ortognaisse Estrela		
es-43	255500	7722700	Ortognaisse Estrela		
es-44	255122	7722937	Ortognaisse Estrela		

es-45	255721	7722623	Ortognaisse Estrela		
es-46	255690	7722737	Ortognaisse Estrela		
es-47	255637	7722840	Ortognaisse Estrela		
es-48	258574	7722609	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-49	259120	7722385	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-50	259220	7722312	Ortognaisse Estrela		
es-51	258215	7722632	Ortognaisse Estrela	120/70	
es-52	258105	7722579	Ortognaisse Estrela	050/65	
es-53	257995	7722563	Ortognaisse Estrela	005/75	Lâmina
es-54	257998	7722751	Ortognaisse Estrela		
es-55	258198	7722802	Leucogranito		
es-56	259327	7722620	Ortognaisse Estrela		
es-57	259388	7722667	Diorito		
es-58	259430	7722653	Ortognaisse Estrela		
es-59	259462	7722548	Ortognaisse Estrela		
es-60	259549	7722531	Ortognaisse Estrela		
es-61	259644	7722480	Ortognaisse Estrela		
es-62	259728	7722416	Ortognaisse Estrela	014/30	
es-63	259847	7722400	Ortognaisse Estrela		
es-64	259978	7722428	Ortognaisse Estrela	028/70	
es-65	259965	7722514	Ortognaisse Estrela		
es-66	259383	7723312	Ortognaisse Estrela		

es-67	259560	7723366	Ortognaisse Estrela		
es-68	259625	7723368	Ortognaisse Estrela	038/60	
es-69	259474	7723437	Ortognaisse Estrela		
es-70	259691	7723688	Ortognaisse Estrela		
es-71	259712	7723793	Ortognaisse Estrela		
es-72	259550	7722987	Ortognaisse Estrela	050/75	
es-73	259689	7722961	Ortognaisse Estrela		
es-74	259749	7722929	Ortognaisse Estrela		
es-75	259882	7722883	Ortognaisse Estrela		
es-76	258398	7723224	Ortognaisse Estrela		
es-77	258521	7723352	Leucogranito		
es-78	258661	7723322	Leucogranito	010/45	
es-79	258720	7723422	Leucogranito		
es-80	258778	7723785	Ortognaisse Estrela		
es-81	258924	7723871	Ortognaisse Estrela		
es-82	258842	7723840	Ortognaisse Estrela		
es-83	258971	7723770	Ortognaisse Estrela		
es-84	259073	7723685	Ortognaisse Estrela	040/15	
es-85	259199	7723584	Ortognaisse Estrela		
es-86	259953	7722831	Ortognaisse Estrela		
es-87	260050	7722754	Ortognaisse Estrela		
es-88	260253	7722605	Ortognaisse Estrela	340/60	

es-89	260361	7722470	Ortognaisse Estrela		
es-90	260600	7722329	Ortognaisse Estrela		
es-91	260694	7722262	Ortognaisse Estrela		
es-92	260844	7722281	Ortognaisse Estrela		
es-93	261117	7722204	Ortognaisse Estrela	030/55	Lâmina
es-94	261262	7722272	Ortognaisse Estrela		
es-95	261212	7722392	Ortognaisse Estrela		
es-96	261480	7722155	Granito Ac		
es-97	261654	7722678	Granito Ac	147/70	
es-98	261806	7722189	Granito Ac		
es-99	258554	7722556	Ortognaisse Estrela		
es-100	257521	7721917	Ortognaisse Estrela		
es-101	256393	7722161	Ortognaisse Estrela	155/60	
es-102	256425	7722475	Titanita Granito		Lâmina
es-103	256587	7722553	Ortognaisse Estrela		
es-104	256449	7722649	Titanita Granito		
es-105	256524	7722722	Ortognaisse Estrela		
es-106	256579	7722807	Leucogranito		
es-107	256227	7722190	Ortognaisse Estrela		
es-108	256002	7722429	Titanita Granito		
es-109	256006	7722654	Ortognaisse Estrela		
es-110	256020	7722733	Ortognaisse Estrela		



es-111	256754	7221784	Ortognaisse Estrela		
es-112	256738	7721721	Leucogranito		
es-113	256626	7721584	Ortognaisse Estrela		
es-114	258305	7722959	Leucogranito		
es-115	258258	7722921	Leucogranito		
es-116	258238	7722921	Leucogranito		
es-117	258201	7722934	Ortognaisse Estrela		
es-118	258192	7722905	Ortognaisse Estrela		Lâmina
es-119	258053	7722885	Ortognaisse Estrela		
es-120	258206	7723246	Ortognaisse Estrela		
es-121	256669	7721499	Ortognaisse Estrela		
es-122	256586	7721582	Leucogranito		
es-123	256507	7721756	Ortognaisse Estrela		
es-124	256450	7721667	Leucogranito		
es-125	256441	7721795	Ortognaisse Estrela		
es-126	256360	7721741	Ortognaisse Estrela	330/50	
es-127	257032	7721459	Ortognaisse Estrela		
ES-128	258299	7724166	Ortognaisse Estrela	340/60	
ES-129	258250	7724306	Ortognaisse Estrela		
ES-130	258073	7724772	Ortognaisse Estrela	115/70	
ES-131	258263	7724763	Ortognaisse Estrela		
ES-132	258344	7724709	Ortognaisse Estrela		

ES-133	258432	7724669	Ortognaisse Estrela		
ES-134	258375	7724762	Ortognaisse Estrela		
ES-135	258170	7725021	Ortognaisse Estrela		
ES-136	258243	7725101	Ortognaisse Estrela		
ES-137	258183	7725086	Ortognaisse Estrela	115/55	Lâmina
ES-138	257612	7725467	Ortognaisse Estrela		Lâmina
ES-139	257244	7725354	Ortognaisse Estrela		
ES-140	258007	7724782	Ortognaisse Estrela		
ES-141	257364	7722550	Ortognaisse Estrela		
ES-142	257918	7725584	Ortognaisse Estrela	115/60	
ES-143	257340	7722636	Ortognaisse Estrela		
ES-144	257965	7725729	Ortognaisse Estrela	184/70	Lâmina
ES-145	257393	7722797	Leucogranito	185/60	
ES-146	257944	7725889	Ortognaisse Estrela	110/35	
ES-147	255610	7721547	Ortognaisse Estrela		
ES-148	258062	7725926	Ortognaisse Estrela	140/50	
ES-149	255521	7721551	Ortognaisse Estrela		
ES-150	258157	7726121	Ortognaisse Estrela		
ES-151	255053	7721519	Ortognaisse Estrela		
ES-152	258176	7726526	Ortognaisse Estrela		
ES-153	255301	7721413	Leucogranito		
ES-154	258205	7726955	Ortognaisse Estrela		

ES-155	258404	7722270	Ortognaisse Estrela		
ES-156	258255	7727509	Ortognaisse Estrela		
ES-157	258846	7722092	Ortognaisse Estrela		
ES-158	257909	7725665	Ortognaisse Estrela		
ES-159	258717	7721891	Ortognaisse Estrela	175/70	
ES-160	257158	7725361	Ortognaisse Estrela		
ES-161	259204	7721712	Titanita Granito	118/55	
ES-162	256310	7725262	Ortognaisse Estrela		
ES-163	258845	7721576	Ortognaisse Estrela		
ES-164	255357	7721454	Ortognaisse Estrela		
ES-165	258996	7721408	Ortognaisse Estrela		
ES-166	255700	7722747	Ortognaisse Estrela		
ES-167	259354	7721117	Ortognaisse Estrela	170/80	
ES-168	255663	7723001	Ortognaisse Estrela		
ES-169	258870	7721099	Ortognaisse Estrela		
ES-170	255575	7723124	Ortognaisse Estrela		
ES-171	258775	7721057	Ortognaisse Estrela		
ES-172	255554	7723265	Ortognaisse Estrela	130/55	
ES-173	258814	7720810	Ortognaisse Estrela		
ES-174	255516	7723383	Ortognaisse Estrela	127/45	
ES-175	258723	7720737	Ortognaisse Estrela		
ES-176	255436	7723473	Ortognaisse Estrela		

ES-177	258601	7720716	Ortognaisse Estrela		
ES-178	255120	7723557	Ortognaisse Estrela	140/30	Lâmina
ES-179	258278	7720825	Ortognaisse Estrela		
ES-180	255184	7723712	Ortognaisse Estrela		
ES-181	259731	7720400	Ortognaisse Estrela		
ES-182	255151	7723775	Ortognaisse Estrela		
ES-183	260029	7720076	Ortognaisse Estrela	123/55	
ES-184	259012	7719829	Ortognaisse Estrela		
ES-185	260792	7719932	Ortognaisse Estrela		
ES-186	259066	7719503	Ortognaisse Estrela		
ES-187	260239	7719936	Ortognaisse Estrela		
ES-188	259166	7719234	Ortognaisse Estrela		
ES-189	260354	7719699	Ortognaisse Estrela	153/45	
ES-190	259007	7719310	Ortognaisse Estrela		
ES-191	260748	7719654	Ortognaisse Estrela		
ES-192	258893	7718994	Ortognaisse Estrela	195/60	
ES-193	261121	7719373	Ortognaisse Estrela		
ES-194	259128	7718785	Ortognaisse Estrela		
ES-195	261356	7719340	Ortognaisse Estrela		
ES-196	259328	7718671	Ortognaisse Estrela		
ES-197	261514	7719552	Ortognaisse Estrela		
ES-198	257206	7721653	Ortognaisse Estrela		



ES-199	261376	7719691	Ortognaisse Estrela		
ES-200	257355	7721489	Ortognaisse Estrela		
ES-201	257467	7721270	Ortognaisse Estrela		Lâmina
ES-202	257793	7721133	Ortognaisse Estrela		
ES-203	257862	7721095	Ortognaisse Estrela		
ES-204	257931	7721015	Ortognaisse Estrela		
ES-205	257999	7720971	Ortognaisse Estrela	125/35	
ES-206	255794	7725674	Ortognaisse Estrela		
ES-207	261125	7719837	Ortognaisse Estrela		
ES-208	255827	7725737	Ortognaisse Estrela	117/60	
ES-209	260954	7719950	Ortognaisse Estrela		
ES-210	255861	7726110	Ortognaisse Estrela		
ES-211	259620	7718443	Ortognaisse Estrela		
ES-212	255634	7726110	Ortognaisse Estrela		
ES-213	259672	7718290	Ortognaisse Estrela		
ES-214	255456	7726177	Ortognaisse Estrela	110/65	
ES-215	260004	7718019	Ortognaisse Estrela		
ES-216	255224	7726571	Ortognaisse Estrela		
ES-217	260063	7717765	Ortognaisse Estrela	85/60	
ES-218	254470	7726919	Ortognaisse Estrela		
ES-219	259460	7716752	Ortognaisse Estrela		
ES-220	254345	7727010	Ortognaisse Estrela		

ES-221	259308	7716791	Ortognaisse Estrela	164/80	
ES-222	254345	7726775	Ortognaisse Estrela		
ES-223	259699	7716566	Ortognaisse Estrela	310/75	
ES-224	254158	7726633	Ortognaisse Estrela		
ES-225	259082	7716685	Ortognaisse Estrela	140/60	
ES-226	254099	7726298	Ortognaisse Estrela		
ES-227	259239	7716489	Ortognaisse Estrela		
ES-228	254063	7725946	Ortognaisse Estrela		
ES-229	258853	7716434	Ortognaisse Estrela		
ES-230	254366	7725752	Ortognaisse Estrela		Lâmina
ES-231	258335	7716173	Ortognaisse Estrela		
ES-232	253861	7725967	Ortognaisse Estrela		
ES-233	257515	7716578	Ortognaisse Estrela		
ES-234	253977	7725884	Ortognaisse Estrela		
ES-235	257463	7716783	Paragnaisse		
ES-236	254532	7725381	Ortognaisse Estrela		
ES-237	257233	7716874	Paragnaisse	003/75	
ES-238	254822	7725832	Ortognaisse Estrela		
ES-239	260297	7717309	Ortognaisse Estrela	140/65	
ES-240	255018	7725338	Ortognaisse Estrela		
ES-241	257092	7716876	Ortognaisse Estrela	170/70	
ES-242	255402	7725411	Ortognaisse Estrela		

ES-243	256866	7717026	Paragnaisse	135/75	
ES-244	256047	7725373	Ortognaisse Estrela		
ES-245	256747	7717282	Ortognaisse Estrela	189/60	
ES-246	256524	7717593	Ortognaisse Estrela		
ES-247	256358	7717855	Ortognaisse Estrela		
ES-248	256048	7717930	Ortognaisse Estrela		
ES-249	256182	7718166	Ortognaisse Estrela	75/45	
ES-250	256008	7718196	Ortognaisse Estrela		
ES-251	255776	7718647	Ortognaisse Estrela		
ES-252	255487	7718924	Ortognaisse Estrela	34/70	
ES-253	255807	7719251	Ortognaisse Estrela	42/60	
ES-254	256689	7718779	Ortognaisse Estrela		
ES-255	256661	7718934	Ortognaisse Estrela	35/75	
ES-256	256492	7719206	Ortognaisse Estrela		
ES-257	263918	7726012	Granito Ac		
ES-258	263738	7726103	Ortog. Estrela Migmatizado	39/60	
ES-259	263466	7726243	Granito Ac		
ES-260	263273	7726480	Ortognaisse Estrela		
ES-261	262771	7726602	Ortognaisse Estrela	58/60	
ES-262	262439	7726800	Ortognaisse Estrela		
ES-263	262052	7726882	Granito Ac	74/65	
ES-264	262009	7727020	Granito Ac		

ES-265	261778	7726911	Granito Ac		
ES-266	261409	7727054	Granito Ac	174/70	
ES-267	260965	7727418	Granito Ac		
ES-268	260655	7727538	Granito Ac		
ES-269	260468	7727791	Granito Ac		
ES-270	260388	7727973	Ortog. Estrela Migmatizado		
ES-271	263258	7716923	Leucogranito		
ES-272	263192	7717031	Ortognaisse Estrela	305/85	
ES-273	262994	7717035	Ortognaisse Estrela		
ES-274	262579	7718098	Ortognaisse Estrela		
ES-275	262686	7718559	Ortognaisse Estrela		
ES-276	263165	7719164	Ortog. Estrela Migmatizado	95/40	
ES-277	263393	7719542	Ortog. Estrela Migmatizado	126/60	
ES-278	263237	7719846	Ortognaisse Estrela		
ES-279	263423	7719823	Ortognaisse Estrela		
ES-280	262881	7719412	Ortognaisse Estrela		
ES-281	262554	7719675	Ortognaisse Estrela		
ES-282	262158	7719894	Ortognaisse Estrela		
ES-283	263622	7718973	Ortognaisse Estrela	152/75	
ES-284	263680	7718115	Ortognaisse Estrela		



## **ANEXO II – MAPA GEOLÓGICO**

### **ANEXO III – MAPA DE PONTOS**

## **ANEXO IV – SEÇÃO GEOLÓGICA**